

Grado en Ingeniería Mecánica
2017/2018

Trabajo Fin de Grado
**Desarrollo de una transmisión CVT
para una bicicleta**

Emiliano Lacoste Sánchez

Tutor

Dr. José Antonio Calvo Ramos

Madrid, 8 de octubre de 2018



[Incluir en el caso de interés en su publicación en el archivo abierto]

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada**

Resumen

El objetivo de este trabajo es proponer una innovación a los sistemas de transmisión convencionales en las bicicletas. Para ello se probará la validez de emplear una transmisión CVT (transmisión variable continua) en un cuadro de carretera genérico. Se comprobará, si con este tipo de transmisión se puede satisfacer las características estándar de desarrollo y de peso que es requerido por la industria del ciclismo.

The aim of this thesis is to develop an alternative solution to the traditional bike transmission system. To do so, this study proposes the use of a CVT transmission (Continuously Variable Transmission) in a generic road bike frame. It must be verified that the requirements of speed range and weight are satisfied in this project.

Palabras clave: CVT, Bicicleta, Correa, Transmisión variable continua, Continuously variable transmission, Bike

*Dedicado a
mi tutor,
familia
y amigos*

*"You can only understand my madness
if you share my passion",
Eurosport*

Índice

1. Introducción	1
2. Motivación y objetivos	3
3. Planteamiento del problema	4
3.1. Estado del arte	4
3.1.1. Grupos Actuales	4
3.1.2. Transmisión CVT	7
3.1.3. CVT Scooter	8
3.2. Requisitos	9
3.2.1. Desarrollo requerido	9
3.2.2. Peso	10
3.3. Restricciones	10
3.3.1. Espacio disponible	10
3.3.2. Factor Q	15
3.4. Marco regulador	17
4. Diseño solución técnica	18
4.1. Estudio previo	18
4.1.1. Transmisión por correa	18
4.1.2. Elección correa	19
4.2. Propuestas soluciones técnicas:	21
4.2.1. Solución 1, Correa 13x6	21
4.2.2. Solución 2, Nuevo cuadro	25
4.2.3. Nuevo cuadro, Correa 13x6	26
4.2.4. Nuevo cuadro, Correa 22x8	27
4.2.5. Sistema de actuación	28
4.2.6. Longitud de correa	29
4.2.7. Tensión inicial de la correa	30
5. Resultados y evaluación	31
5.1. Desarrollo obtenido	31
5.2. Peso requerido	32
5.3. Coeficiente de tracción	33
6. Presupuesto y planificación del trabajo	34
6.1. Presupuesto	34
6.1.1. Presupuesto de componentes	34
6.1.2. Presupuesto general	35
6.2. Planificación del trabajo	36
7. Estudio Socio-Económico	37
8. Conclusiones	38
9. Anexos	43

Índice de figuras

1. Esquema básico CVT 11	1
2. Transmisión por cadena 2	1
3. Buje cambio interno 3	2
4. Grupo mecánico 2	4
5. Explosionado desviador trasero 4	5
6. Pulsadores Di2 5	6
7. Sram RED eTAP 6	6
8. Wavetrans 7	7
9. CVT scooter 8	8
10. CVT scooter 8	8
11. Buje delantero y trasero ZIPP 9	11
12. Buje Flip Flop 10	11
13. Comparación cassette rosca y núcleo 11	12
14. Comparación principales núcleos 12 13 14	12
15. Eje pedalier a rosca y a presión ROTOR 15	13
16. Sistema Direct Mount 16	13
17. Eje pedalier cuadradillo 17	14
18. Sistema Ultra-Torque Campagnolo 18	15
19. Medición factor Q 19	16
20. Cresta ilíaca (Rojo) 20	16
21. Correa de distribución automóvil 21	18
22. Tipos de correas 22	19
23. Watio/kg. 23	19
24. Secciones correas normalizadas 24	20
25. Esquema núcleo trasero	21
26. Cazoleta 25	22
27. Prototipo Biela	22
28. Diseño Biela-Tambor	22
29. Diseño Biela-Tambor	23
30. Diseño Tambor delantero	23
31. Diseño Tambor Trasero	24
32. Diseño Poleas	24
33. Cotas geometría Trek 26	25
34. Orbea Orca vs Cervelo R5 27 28	25
35. Geometría cuadro diseñado 29	26
36. Tambor delantero rediseñado	26
37. Esquema correa 22x8	27
38. Esquema polea 22x8	27
39. Sistema de actuación	28
40. Esquema poleas	28
41. Conjunto transmisión	29
42. Longitud correa	29
43. Longitudes disponibles 24	30
44. Adjudicación material	32
45. Diagrama de Gantt	36

Índice de tablas

1.	Peso principales grupos	30	10
2.	Comparación desarrollos		31
3.	Peso conjunto		32
4.	Partida de fabricación		34
5.	Conjunto Piezas y elementos auxiliares		34
6.	Presupuestos globales		35

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es desarrollar una transmisión variable continua (CVT-continuously variable transmission), para una bicicleta de carretera. Las transmisiones variables continuas permiten modificar el desarrollo de la máquina evitando saltos entre los engranajes. Son ampliamente utilizadas en la industria, se pueden encontrar por ejemplo en el mundo de la automoción o en la mayoría de las scotters.

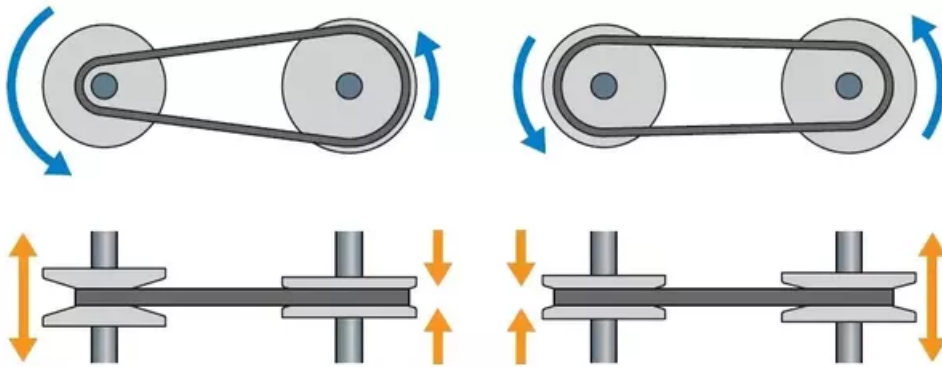


Figura 1: Esquema básico CVT [1]

La tecnología actual empleada en la mayoría de las bicicletas se basa en una transmisión por cadena. Se puede encontrar un conjunto de piñones, denominado cassette, que son solidarios al eje conducido, y por otro lado, en el eje motriz, hay uno, dos o tres platos.

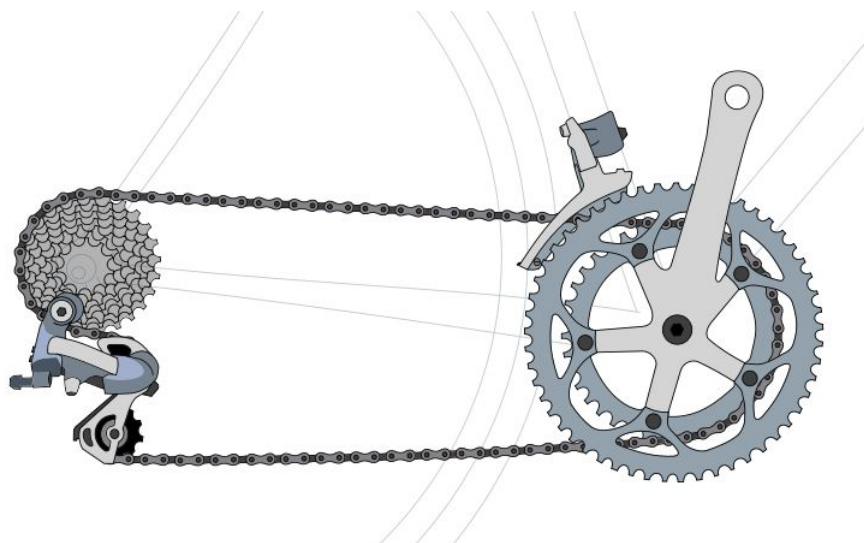


Figura 2: Transmisión por cadena [2]

Este tipo de transmisiones, tienen como principal inconveniente, que el desarrollo que se puede utilizar está limitado por el número de piñones y platos que tengamos. El número de piñones está acotado por la anchura del núcleo y por el diámetro de éste, el piñón más pequeño que está disponible es de 10 dientes. Además no se pueden producir grandes saltos entre piñón y piñón.

Otro inconveniente a tener en cuenta lo encontramos en las condiciones de lubricación, ya que éstas deben ser buenas para un óptimo funcionamiento, de lo contrario se producirán constantes saltos de cadena y se acentuará el gasto de los componentes. Por ello, en los sistemas convencionales de transmisión por cadena, se obliga a constantes revisiones.

Además de los grupos convencionales que transmiten potencia mediante una cadena, a un conjunto de piñones en cascada, hay que hacer mención de los cambios integrados en los bujes. Actualmente hay numerosos grupos que llevan incluido el sistema de transmisión dentro del buje, destaca Shimano con los grupos Nexus y Alfine. Dentro del buje se albergan numerosos engranajes de reducido tamaño, que interactuando entre ellos cambian la relación de transmisión. Estos grupos son básicamente utilizados solo para bicis urbanas o de paseo.

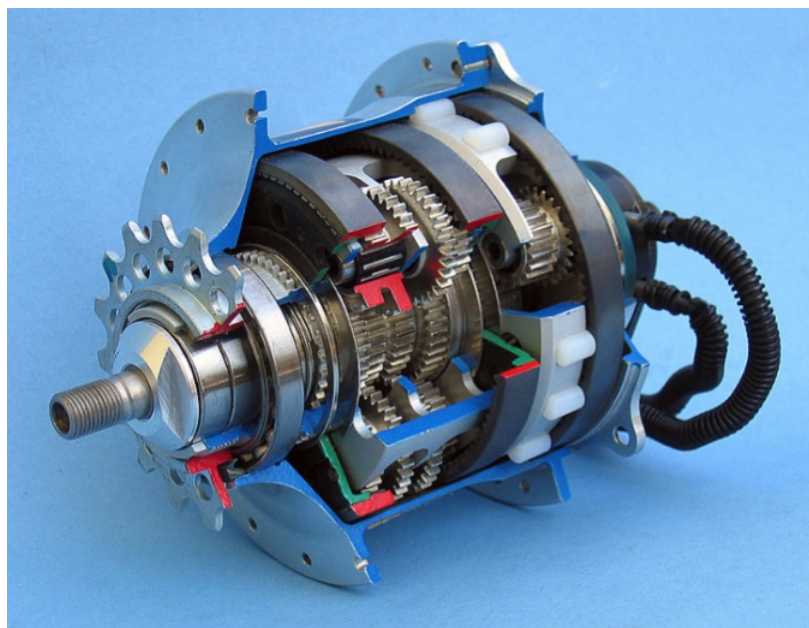


Figura 3: Bujes cambio interno [3]

2. Motivación y objetivos

La elección de este tema como trabajo de fin de grado, viene a raíz de mi interés personal por el mundo del ciclismo. Llevo muchos años practicando triatlón, en éste tiempo, he podido manipular numerosas bicis, tanto propias como de otros compañeros de equipo. Gracias a tantas horas empleadas en ellas, he adquirido sólidos conocimientos de la mecánica aplicada a las bicis.

Para poner fin a mis estudios de grado, me gustaría unir dos de mis grandes pasiones, la ingeniería y el ciclismo. Teniendo en cuenta la historia reciente de las transmisiones en las bicicletas, se llega a la conclusión de que han variado poco desde los años 50. Las transmisiones han ido evolucionando con la utilización de nuevos materiales (Fibra de carbono, titanio, aluminio...) y la ampliación de más velocidades (actualmente hay grupos de 12v), pero su funcionamiento base se ha mantenido.

Con este trabajo se pretende innovar en las transmisiones ciclistas, explorando otras soluciones que proporcionen mejoras a este mundo. Eduardo Chozas, exciclista profesional, en la retransmisión 16ª etapa de la Vuelta Ciclista a España 2017, comentó que para las etapas contrarreloj, uno de los detalles que configuran de forma diferente en las bicis es el desarrollo. Para estas etapas, lo que se busca es que los piñones vayan muy poco escalonados, de esta forma se puede adaptar mejor la cadencia a la velocidad deseada. Puede darse el caso de que con un piñon se ruede muy atrancado, pero al pasar al piñon siguiente, se vaya con mucha cadencia. Con este ejemplo se puede observar que tener un piñon intermedio, para el ciclista sería beneficioso. En una transmisión CVT, al no haber salto entre relaciones de desarrollo, se puede elegir un punto óptimo.

Con el empleo de una transmisión de tipo CVT, se pretende obtener un abanico más grande de desarrollos, además éste será continuo, sin saltos entre piñones. Es importante resaltar que no sólo se obtiene mayor suavidad, tanto en la consecución de piñones, como en el rodar. También se consigue que el ciclista pueda encontrar el desarrollo óptimo para poder rodar con la cadencia adecuada, lo que influye directamente en el rendimiento del ciclista, el valor idóneo de cadencia sería alrededor de 90 rpm.

3. Planteamiento del problema

3.1. Estado del arte

3.1.1. Grupos Actuales

El mercado actual del ciclismo está conformado por tres marcas principales: Campagnolo, Shimano y Sram. Se pueden encontrar componentes de otras firmas, pero son minoritarios en el mercado.

En los últimos años estos fabricantes han evolucionando la tecnología clásica empleada en las transmisiones de las bicicletas. Entre sus principales evoluciones se pueden encontrar dos; el incluir más piñones, actualmente se encuentran grupos de hasta 12 velocidades y la utilización de electrónica para efectuar el cambio entre piñones.

A continuación se incluye un breve repaso de los productos actuales:

- Campagnolo: Creada en Italia por Tullio Campagnolo, es la precursora del cambio en bicicletas. Dentro de su gama se puede encontrar tanto grupos mecánicos como electrónicos. En 2018 han presentado el primer grupo de carretera de 12 velocidades.
- Shimano: Empresa japonesa, es la más popular de las tres. Sus productos cubren desde las gamas más bajas, para bicis de paseo o de niño, hasta productos usados en la alta competición. Producen grupos mecánicos y electrónicos.
- Sram: De origen estadounidense, es la última de las tres en llegar al mercado(1987). Igual que Shimano y Campagnolo, este fabricante ofrece tanto grupos mecánicos como electrónicos. Cabe destacar que es el único fabricante que cuenta con un grupo inalámbrico, el Sram Red etap.

Principal funcionamiento de los grupos:

- Mecánicos: Los grupos de carretera están formados por las siguientes partes: Desviador delantero y trasero (al que se le denomina cambio), cadena, mandos, bielas y cassette. Sobre la siguiente ilustración, se pueden identificar:

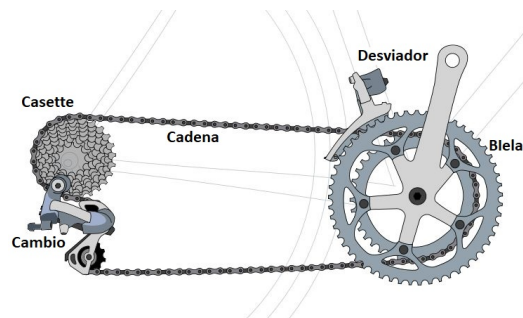


Figura 4: Grupo mecánico [2]

Ambos desviadores están formados por un paralelogramo articulado, donde uno de los extremos es el que produce el desplazamiento de la cadena. Un resorte mantiene el conjunto en la posición de reposo. Mediante un cable, se cambian los ángulos en el paralelogramo, lo que hace desplazar la cadena. Este cable es accionado mediante las manetas (mandos o pulsadores).

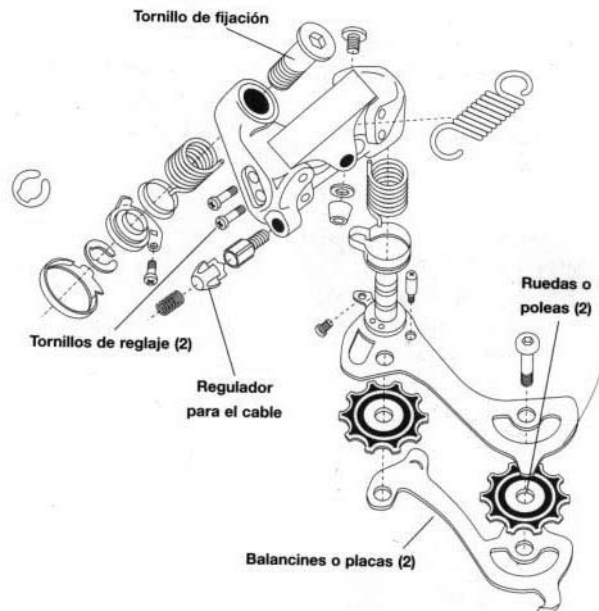


Figura 5: Explosionado desviador trasero [4]

- Electrónicos: En el año 2011 se presentó el grupo Dura-Ace Di2, lo que suponía el primer grupo electrónico en el mercado. Posteriormente se unió Campagnolo con los grupos EPS y finalmente Sram con el grupo Red eTAP.

Como suele pasar con éste tipo de productos, los primeros en utilizarlos y ayudar a su desarrollo fueron los ciclistas profesionales en las grandes vueltas. Posteriormente, los ciclistas amateur pudieron disponer de estos en bicis de alta y media gama. Al principio la única opción de compra era el Dura Ace 7970 di2 de 10v.

Actualmente podemos encontrar una gama muy amplia de sistemas electrónicos, que permiten poder llevar la misma tecnología que los profesionales pero sin necesidad de hacer un gran desembolso de dinero. Por parte de Shimano se puede encontrar el grupo Dura Ace y Ultegra, en Campagnolo el Super Record EPS, Record EPS y Chorus EPS y por último Sram sólo dispone del RED eTAP, que es el único inalámbrico.

El funcionamiento es muy parecido a un grupo mecánico, pero en lugar de actuar sobre el paralelogramo de los desviadores un cable, lo hace un pequeño servomotor eléctrico.

Como principales ventajas[5] ante los grupos mecánicos se puede citar la suavidad mecánica y de utilización. Para cambiar de marcha, es una simple pulsación de un botón, mientras que en los mecánicos, es una palanca, que en el caso de las bicis de triatlón o contrarreloj, al ir acoplado, en ocasiones ésta palanca puede estar un poco dura al accionarla teniendo en cuenta la posición de las manos.



Figura 6: Pulsadores Di2 [5]

Por último, a favor de los grupos electrónicos, estos no necesitan ningún tipo de ajuste después de calibrados. En los últimos años han evolucionado considerablemente, los primeros grupos eran más pesados que los mecánicos, pero actualmente se manejan en cifras parejas (Electrónico R9150: 2.051g; Mecánico R9100: 2.097g) [31]

Dentro de los inconvenientes se pueden encontrar dos. El primero, y más determinante para los ciclistas populares es el precio. Los grupos electrónicos son notablemente más caros que sus homólogos mecánicos (Electrónico R9150: 2.601,50 euros; Mecánico R9100: 1.858 euros) [31].

El otro inconveniente es que el ciclista tiene que estar pendiente de cargar la batería cuando ésta se agota. Para restarle importancia a este punto, Sram en su grupo electrónico, usa baterías intercambiables entre el cambio y el desviador. De esta forma, si se queda el cambio sin batería, se puede dejar el plato que más convenga, usar la batería del desviador para el cambio y acabar la ruta sin mayor problema.



Figura 7: Sram RED eTAP [6]

3.1.2. Transmisión CVT

Durante los últimos años, se han ido introduciendo numerosas innovaciones en los sistemas de transmisiones en las bicis. Nuevos materiales, que hacen los grupos mas ligeros y duraderos, nuevas geometrías en los platos, consiguiendo optimizar la pedalada o la introducción de grupos electrónicos.

Dejando esto a un lado, la mecánica básica de los cambios sigue siendo la misma desde hace 50 años. Se sigue usando un sistema de cadena, que gracias a un desviador, permite cambiar rápidamente entre un número limitado de piñones (12 en el mejor caso actualmente).

Un intento de introducir una evolución hacia los cambios continuos, viene de la mano de Oliver Knittel y su sistema de cambio "Wavetrans". Su propuesta es que gracias a unos brazos dispuestos en la biela derecha, el plato cambie de tamaño, pero sin aumentar el número de dientes.



Figura 8: Wavetrans [7]

Como se puede ver en la imagen superior, al actuar sobre el sistema de cambio, el diámetro del plato crece, lo que permite un mayor desarrollo. A priori este tipo de cambio tiene dos inconvenientes principales.

El primero sería que no es un cambio puramente continuo, porque la cadena tiene una distancia entre eslabones fijas y no se podría situar la abertura del plato en el punto concreto que se busca. El segundo punto crítico, sería que al expandir el plato, hay zonas en las que la cadena no está engranada, lo que produciría un mal funcionamiento general.

3.1.3. CVT Scooter

La gran mayoría de los scooter actuales llevan un sistema CVT. La principal razón de esto es gracias a la simpleza que tienen de cara al consumidor, comparado con las demás motos con marchas. El conductor no tiene que accionar el embrague, ni tampoco cambiar de marcha. Además, el mantenimiento de estas transmisiones es más sencillo que el sistema de marchas.

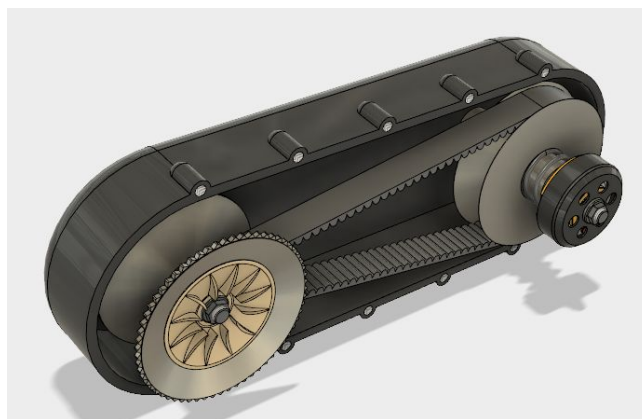


Figura 9: CVT scooter [8]

El funcionamiento de este sistema viene dado por dos poleas que son capaces de cambiar su diámetro. La polea conducida es solidaria a un embrague centrífugo. Al ralentí se encuentra desembragado, al aumentar las revoluciones este embraga y transmite el movimiento a las ruedas. Gracias a unos rodillos que encontramos en una de las pistas de la polea solidaria al eje del motor, al aumentar las revoluciones en este, la polea se cierra obteniendo un mayor diámetro de contacto. El efecto contrario sucede en la polea conducida, de esta forma se varía el desarrollo de la transmisión.

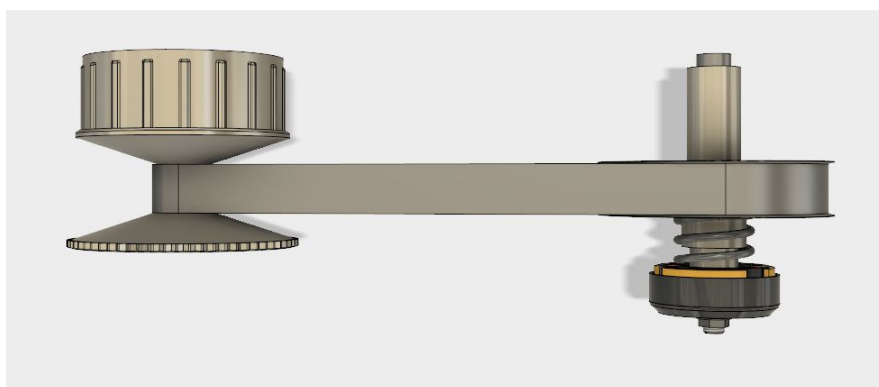


Figura 10: CVT scooter [8]

3.2. Requisitos

3.2.1. Desarrollo requerido

Este trabajo está pensado para poder remplazar los sistemas de transmisiones actuales. Durante las diferentes décadas en las que se ha usado los tipos de cambio convencional, ha habido diferentes desarrollos. Hasta hace unos años, los desarrollos más usados eran un conjunto de piñones escalados 11-25 y dos platos que usualmente eran 50-39 o 52-39.

Desde hace poco más de una década, se ha introducido en el mercado el denominado desarrollo compact. El desarrollo compact se caracteriza por usar platos más escalonados entre sí de lo que se estaba acostumbrado el mercado, un conjunto de platos 50-34 o 52-36 son los más habituales. Además de este cambio, también se introdujeron piñones más escalonados entre ellos, lo que lleva a que el conjunto más habitual sería de 11 piñones con una configuración de 11-27 o 12-29.

En el ciclismo profesional, estas cifras son más dispares. Dependiendo de la prueba y de la etapa concreta, se pueden encontrar configuraciones diferentes. Un desarrollo para una bici de contrarreloj, en una etapa principalmente llana, puede ser por ejemplo un 58-32 y un 11-25. Para una etapa de alta montaña, los equipos profesionales montan desarrollos más contenidos, como puede ser un 11-32 con platos 50-34.

Los ejemplos antes sugeridos serían para casos extremos en los que se busca mucha velocidad y tener piñones menos escalados (contrarreloj) o tener mucho desarrollo y poder subir con mucha cadencia (Alta montaña). Para etapas principalmente llanas, los equipos usan desarrollos que van desde 54-39/11-27 al 54-36/11-32. Estos números son aproximados, ya que hay muchas configuraciones posibles y cada ciclista prefiere un tipo de desarrollo diferente.

Para el diseño de la transmisión CVT se usará un desarrollo equivalente al compact mas popular que sería un 50-34/11-27. Se tendrá que tener en cuenta dos desarrollos:

- Velocidad máxima:

$$i = \frac{Z_m}{Z_c} = \frac{50}{11} = 4,545 \quad (1)$$

- Cadencia máxima:

$$i = \frac{Z_m}{Z_c} = \frac{34}{27} = 1,259 \quad (2)$$

3.2.2. Peso

Uno de los puntos que más preocupa a los ciclistas a la hora de elegir el montaje en su bicicleta es el peso. El objetivo es que durante el desarrollo del presente trabajo, se pueda obtener un producto alternativo a los grupos actuales. Por este motivo se busca que el peso no sobrepase los valores que se pueden encontrar en el mercado. A continuación se incluye una tabla que incluye los valores de peso de los principales grupos del mercado. Se ha suprimido el peso de las gamas bajas y de los grupos electrónicos. El motivo es por que en las gamas bajas se superan los valores de grupos superiores y en el caso de los grupos electrónicos se obtienen actualmente pesos similares a los grupos estudiados.

Gama/Fabricante	Campagnolo	Sram	Shimano
Competición	Super Record (1920g)	Red (1781g)	Dura Ace (2003g)
Alta	Record(2026g) / Chorus (2143g)	Force(2112g)	Ultegra (2274g)
Media	Potenza(2339g) / Centaur(2493g)	Rival (2292g)	105 (2603g)

Tabla 1: Peso principales grupos[30]

Para obtener un peso límite, se hará una media de todos los grupos dispuestos en la tabla superior (2180.54gr). Como objetivo para el peso se pondrá un valor de 2200gr.

3.3. Restricciones

3.3.1. Espacio disponible

Junto con el peso estudiado anteriormente, el otro punto que más dificultades plantea al trabajo es el espacio disponible en una bicicleta de carretera. Los cuadros de distintas marcas y modelos son diferentes, incluso la talla modifica la geometría final. Todos guardan cierto parecido entre ellos, pero cambian sus medidas, por lo tanto no se podrá asegurar la compatibilidad con todos ellos. Para hacer el trabajo se dispondrá de un cuadro de triathlon/contrarreloj genérico.

Al contrario que los cuadros, hay otras piezas que componen una bicicleta, que si que son universales. Este trabajo se basará en dos principalmente:

- **Buje** El buje es la parte mecánica que conecta mecánicamente el cuadro y el aro de la llanta mediante los radios. Se compone de un cuerpo externo, que en la mayoría de los modelos es metálico o con partes de fibra de carbono, dentro de este se alojan los rodamientos. La cara externa del rodamiento se encuentra encajada en el buje, en la cara interna se aloja el eje de la rueda que se une con el cuadro. La unión al cuadro puede ser mediante cierre rápido o sistema de contra-tuerca.



Figura 11: Buje delantero y trasero ZIPP^[9]

Adicionalmente los bujes pueden llevar un sistema que permita montar sobre ellos discos de freno. Los discos de freno en las bicicletas estaban principalmente orientados hacia las bicicletas de montaña y de ciclocross, pero en los últimos años se ha integrado este sistema a bicicletas de carretera. Podemos encontrar dos tipos de anclaje, center lock y de seis tornillos.

El punto del buje que se va a utilizar en el trabajo es el núcleo. Hay diferentes soluciones técnicas para transmitir la potencia al buje mediante la cadena. Se pueden encontrar transmisiones monovelocidades a piñón fijo o libre, con piñones y con cambios internos en el buje.

Para las transmisiones monovelocidades, la forma de anclaje en el buje es la misma, el buje tiene un lado roscado, y sobre esta se pone un piñón fijo, o uno con sistema de rueda loca. Adicionalmente existen los bujes "flip-flop", éstos tienen ambos lados roscados, de esta forma se puede montar un piñón diferente, y cambiando al posición de la rueda podremos pasar de un piñón fijo a uno libre o tener dos piñones de diferentes medidas.



Figura 12: Buje Flip Flop^[10]

En un sistema de más de una velocidad, los piñones se encuentran ordenados en un conjunto llamado cassette. Para unir el cassette al buje se pueden usar dos sistemas diferentes; El primer sistema sería un cassette a rosca. El buje es como los estudiados previamente en los sistemas monovelocidades, con una rosa a un lado, con la diferencia de que se deja más distancia al anclaje del cuadro, de esta forma se puede roscar un sistema de varios piñones. El cassette de este tipo de sistema, es un cuerpo único que lleva dentro de él el sistema de rueda loca.

El segundo sistema sería mediante un núcleo. El núcleo es un cuerpo metálico que está unido al eje de giro mediante unos rodamientos. El buje en lugar de tener una rosca, tiene unas hendiduras que permiten el desplazamiento de los trinquetes. Esto proporciona que en un sentido de giro, el núcleo gire solidario al buje o por lo contrario, funcione como una rueda libre. En la parte externa del núcleo, se encuentran unas pistas sobre las que se alojan los diferentes piñones con sus espaciadores.



Figura 13: Comparación cassette rosca y núcleo [11]

Actualmente en el mercado encontramos tres tipos diferentes de núcleos. Los primeros compatibles con cassettes de marcas Shimano y Sram, los segundos que sólo son compatibles con la marca Campagnolo, y por último los núcleos propios de Sram (Sistema XD), proveniente de los sistemas monoplato de los grupos de montaña, se incorporaron recientemente a los grupos monoplato de carretera. Además de los propios cassettes de las tres grandes marcas, hay fabricantes externos como Miche o SunRace que producen cassetes para núcleos Shimano/Sram y Campagnolo.



Figura 14: Comparación principales núcleos [12] [13] [14]

Este trabajo se basará en los núcleos para Shimano/Sram y para Campagnolo, la única diferencia entre estos, es el perfil de las pistas, por lo tanto, se puede variar el diseño fácilmente, lo que nos permitirá montarlo con ambos núcleos.

La principal medida que nos va a restringir espacio es la longitud del núcleo. Tanto en los núcleos Campagnolo como en los Shimano/Sram, la longitud del cilindro son 36mm. El diámetro mínimo que se podría montar sobre éstos es de 40mm.

- **Caja de pedalier.** La caja de pedalier es el lugar geométrico del cuadro donde se albergan los rodamientos que sostienen el eje de pedalier. El eje del pedalier es el que une ambas bielas. Hay varios tipos de caja de pedalier, pero se pueden hacer dos grandes grupos. Por un lado están las cazoletas roscadas, y por otro están los rodamientos a presión.



Figura 15: Eje pedalier a rosca y a presión ROTOR [15]

El sistema de rodamientos a presión (sistema press fit), funciona de forma que el cuadro tiene unos huecos específicos, en los que se introducen dos rodamientos a presión, uno a cada lado (montaje directo). También existen en los que se insertan unas cazoletas a presión en el cuadro, que dentro llevan integrados los rodamientos. Se pueden encontrar los sistemas BB30, BB92 y adaptaciones de ejes de 24mm a press fit como el sistema GXP de Sram.

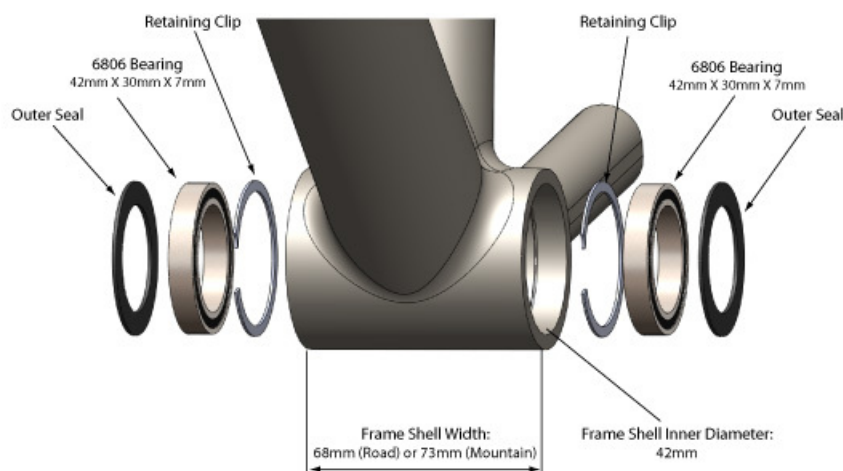


Figura 16: Sistema Direct Mount [16]

Dentro de los sistemas roscados, se pueden hacer dos grupos: con eje integrado en el pedalier, o con el eje integrado en la biela.

Dentro de los primeros, la caja de pedalier es un cuerpo que incluye dos rodamientos y un eje, este conjunto se monta en el cuadro y posteriormente se atornilla a cada lado el brazo de la biela correspondiente. En este grupo se encuentran los ejes de cuadradillo y los sistemas octalink de Shimano e ISIS de FSA,(actualmente en desuso).



Figura 17: Eje pedalier cuadradillo [17]

En el segundo grupo de cajas roscadas se encuentran aquellos que el eje del pedalier se incluye en los brazos de las bielas. Puede variar según el sistema, pero en esencia cada cazoleta lleva integrado un rodamiento, las cazoletas se atornillan al cuadro, dejando el rodamiento fuera de este. Posteriormente se introduce la biela con el eje del pedalier en el cuadro, finalmente se fijan ambas bielas al eje con uno o mas tornillos.

Cada marca tiene su propia denominación para este tipo de ejes, pero por lo general se pueden hacer tres grupos. Por un lado los que Shimano nombra como Hollowtech II, y que es compatible con casi todas las marcas (Rotor, FSA, RaceFace...), se basan en un eje de 24mm. Después se tendría a Sram (incluye Truvativ) con el eje GXP, que es también un eje de 24mm pero es ligeramente cónico, uno de los lados tiene un diámetro de 25mm.

Por ultimo está Campagnolo con sus ejes PowerTorque y UltraTorque. El sistema PowerTorque es similar al Hollowtwch II, por otra parte, el UltraTorque difiere en que los rodamientos están incrustados sobre el eje del pedalier. Las cazoletas sólo sirven de apoyo para la cara externa del rodamiento. Además el eje de pedalier está dividido en dos partes iguales, una unida a cada biela, y ambos se juntan por medio de un tornillo.

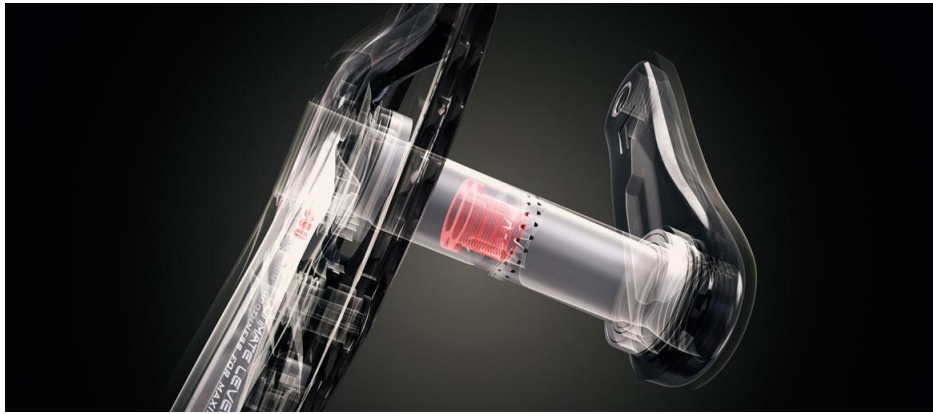


Figura 18: Sistema Ultra-Torque Campagnolo[18]

Por simplicidad y universalidad, para el desarrollo de este trabajo se elegirá una caja de pedalier a rosca, donde el eje esté incluido junto con las bielas. Los rodamientos a presión, conllevan una caja de pedalier mas ancha, lo que resta espacio para alojar la polea conductora. Gracias a que los sistemas a rosca tiene el rodamiento por fuera del cuadro, se puede diseñar un tambor que cubra las cazoletas, de esta forma aprovechar mejor el espacio disponible.

3.3.2. Factor Q

A la hora de incorporar una innovación en el mundo del ciclismo, se debe tener presente la implicación de la biomecánica. Hay que tener en cuenta como trabaja el cuerpo humano cuando se encuentra sobre la bicicleta, de esta forma se evitarán lesiones y se podrá obtener un rendimiento óptimo.

La geometría de la bici es un valor determinante de la forma en la que el cuerpo va a trabajar. Según la disciplina que se practique, tendremos geometrías muy diferentes, por ejemplo, ésta cambia según sea una bicicleta de triatlón, de carretera o de montaña. No sólo es relevante en este punto el cuadro, sino también componentes como el sillín o la potencia. Un ejemplo de esto es la medida de las bielas, generalmente, se puede elegir entre longitudes de brazo de 165mm, 170mm, 172.5mm o 175mm. Según la talla del propio ciclista se adecuará mejor una longitud u otra. Además de la cota de longitud de brazo, otro valor que afecta a la forma en la que trabaja nuestro cuerpo es el factor q.

Dentro de los diferentes apartados que estudia la biomecánica aplicada al ciclismo, el punto que afecta a este proyecto sería el factor Q. El factor Q es la distancia que hay entre las piernas de un ciclista al pedalear[32]. Los fabricantes dan este dato midiendo desde las caras externas de las bielas, esto no será exactamente la distancia entre las piernas, se le denominará Factor Q máximo :



Figura 19: Medición factor Q [19]

En el cuerpo humano, la medida que está directamente relacionada con el Factor Q es la distancia entre las crestas ilíacas de la pelvis. A esta distancia le corresponde el factor Q funcional. En la bicicleta esta distancia será la que hay entre centro y centro de cada pedal. El cuerpo estará pedaleando de forma óptima si las piernas se encuentran totalmente paralelas. Esto quiere decir que las rodillas no deberán estar giradas ni hacia el exterior ni hacia el interior.

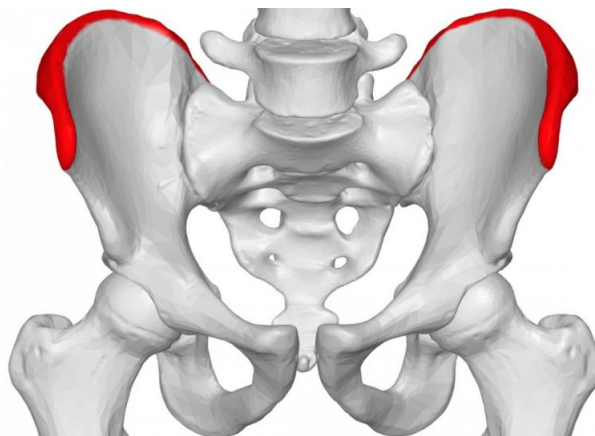


Figura 20: Cresta ilíaca (Rojo) [20]

Al contrario que con la longitud de brazo, los valores de factor Q no son universales en diferentes marcas. Todos se mantienen entre 130 y 160 mm, pero dependiendo del diseño y platos que tenga que albergar, este valor varía.

Si tomamos componentes de Shimano como referencia, las bielas Sora FC-R3030-CG, que tienen una configuración de triple plato, tienen un factor Q de 158.8mm [33]. Las bielas Ultegra FC-R8000 son de doble plato y tienen 146mm [34]. El conjunto para una bici de pista, serían las bielas Dura Ace Track FC-7710, sólo usa un plato y tiene un factor q de 136.3 [35].

3.4. Marco regulador

La norma principal a la hora de desarrollar el presente trabajo será la UNE-EN ISO 4210-8:2015, que es la norma que se ocupa específicamente de los sistemas de transmisiones en bicicletas:

- UNE-EN ISO 4210-8:2015: Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 8: Métodos de ensayo para los pedales y el sistema de transmisión.

Adicionalmente se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- UNE-EN 15532:2009: Bicicletas. Terminología.
- UNE-EN ISO 4210-1:2014: Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 1: Términos y definiciones.
- UNE-EN ISO 4210-2:2015: Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 2: Requisitos para bicicletas de paseo, para adultos jóvenes, de montaña y de carreras.
- UNE-EN ISO 4210-3:2014: Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 3: Métodos de ensayo comunes.

El documento de la norma UNE-EN ISO 4210-8:2015[36], está dividida en cuatro partes principales, siendo el apartado dedicado a métodos de ensayo, el que se tendría que tener en cuenta para evaluar el trabajo. Las pruebas se deben realizar una vez que se haya realizado el trabajo, por lo tanto se enmarcarán dentro de los trabajos futuros.

Dentro del capítulo de métodos de ensayo, los tres primeros subapartados, se ocupan de la resistencia estática, al choque y dinámica que debe tener un pedal. Los tres siguientes puntos, si se deberán incluir en el estudio. Éstos son un ensayo estático de resistencia del conjunto, un ensayo de resistencia a la tracción y un ensayo de fatiga.

4. Diseño solución técnica

4.1. Estudio previo

4.1.1. Transmisión por correa

Antes de poder comenzar a diseñar un sistema de transmisión por correa, es necesario hacer una breve introducción sobre este tipo de transmisiones.

Mediante una transmisión por correas podemos transmitir potencia entre dos ejes o más por medio de un elemento flexible(correa). El mecanismo de transmisión por correas se componen de dos o más poleas, una de ellas conductora y la otra u otras conducidas y una correa que las une como elemento flexible. Puede incluirse algún elemento tensor si fuese necesario.

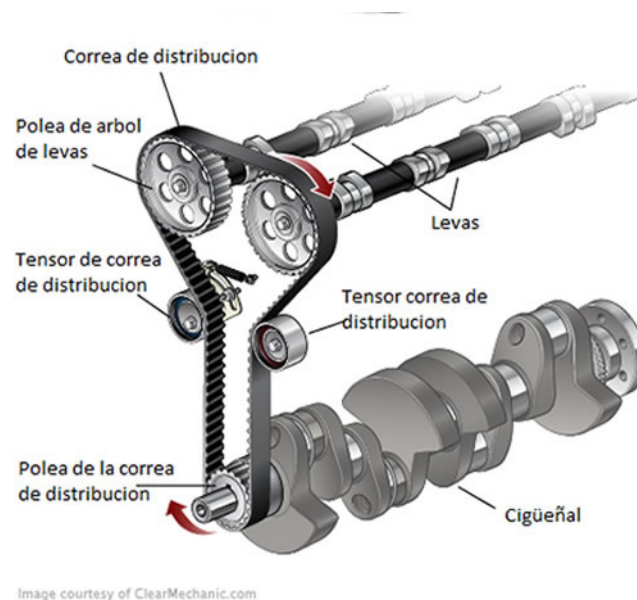


Figura 21: Correa de distribución automóvil [21]

Como principales ventajas se puede encontrar que son capaces de transmitir potencia a grandes distancias y altas velocidades. Tienen un comportamiento suave, capaces de absorber irregularidades en el movimiento (choques y vibraciones) y son silenciosas. Requieren poco mantenimiento y ningún tipo de lubricación.

Dentro de los inconvenientes se pueden destacar que la potencia que se puede transmitir está limitada por el rozamiento entre las poleas y la correa. lo que puede producir deslizamiento. Sufre un desgaste al tener una perdida de elasticidad y es un sistema delicado al trabajar en condiciones de suciedad y humedad.

Tipos de correa: Según su sección transversal se pueden clasificar las correas en los diferentes grupos: Planas, trapeciales (en "V"), acanaladas, redondas, dentadas.

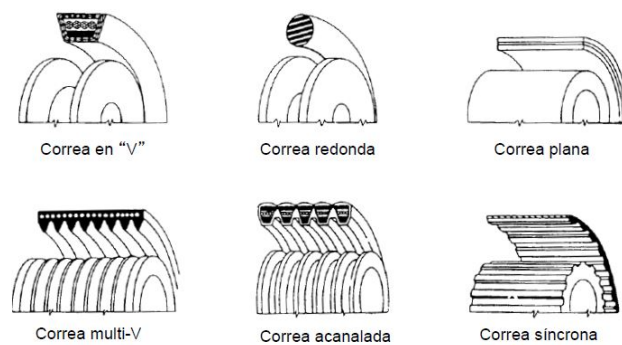


Figura 22: Tipos de correas [22]

4.1.2. Elección correa

Para la elección de la correa se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- **1.Decidir la Potencia a transmitir:** Para poder estimar una potencia máxima que se transmitirá en la bici hay que fijarse en el ciclista. Según el nivel del deportista podrá disponer de más o menos potencia, para continuar con el estudio se tomará un extracto de la tabla anexa:

Maximal power output (in W/kg)								
	Men				Women			
	5 s	1 min	5 min	FT	5 s	1 min	5 min	FT
World class (e.g., international pro)	24.04	11.50	7.60	6.40	19.42	9.29	6.61	5.69
	23.77	11.39	7.50	6.31	19.20	9.20	6.52	5.61
	23.50	11.27	7.39	6.22	18.99	9.11	6.42	5.53
	23.22	11.16	7.29	6.13	18.77	9.02	6.33	5.44
	22.95	11.04	7.19	6.04	18.56	8.93	6.24	5.36
	22.68	10.93	7.08	5.96	18.34	8.84	6.15	5.28
	22.41	10.81	6.98	5.87	18.13	8.75	6.05	5.20
	22.14	10.70	6.88	5.78	17.91	8.66	5.96	5.12
Exceptional (e.g., domestic pro)	21.86	10.58	6.77	5.69	17.70	8.56	5.87	5.03
	21.59	10.47	6.67	5.60	17.48	8.47	5.78	4.95
	21.32	10.35	6.57	5.51	17.26	8.38	5.68	4.87
	21.05	10.24	6.46	5.42	17.05	8.29	5.59	4.79
	20.78	10.12	6.36	5.33	16.83	8.20	5.50	4.70
Excellent (e.g., cat. 1)	20.51	10.01	6.26	5.24	16.62	8.11	5.41	4.62
	20.23	9.89	6.15	5.15	16.40	8.02	5.31	4.54
	19.96	9.78	6.05	5.07	16.19	7.93	5.22	4.46
	19.69	9.66	5.95	4.98	15.97	7.84	5.13	4.38
	19.42	9.55	5.84	4.89	15.76	7.75	5.04	4.29
	19.15	9.43	5.74	4.80	15.54	7.66	4.94	4.21

Figura 23: Watio/kg. [23]

Se tomará como valor característico para la potencia máxima 6W/kg, con este valor ya se estaría dentro de valores de ciclistas profesionales. Para el peso del ciclista se supondrá un peso de 80Kg. Por lo tanto la potencia máxima será 480W.

- **2. Velocidades de giro de las poleas:** Como se ha mencionado previamente, la cadencia óptima de pedaleo serían 90 rpm, se tomará un valor máximo de 120rpm. Para estimar el valor máximo de revoluciones en el eje conducido, se tomara del apartado 2.2.1 la relación de transmisión para la que la velocidad angular es mayor (4.545). Por lo tanto, se estimará una velocidad máxima en el eje conducido de 409.05 rpm. Posteriormente se tendrá que recalcular el valor de velocidad angular máxima en el eje conducido, con la relación de transmisión que se haya logrado obtener.
- **3. Selección de la sección de la correa:** Según las normas BS-3780, ISO-4181, DIN.7753 y DIN-22215 se tienen las siguientes secciones de correa:


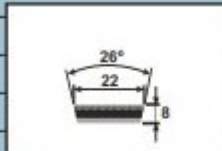

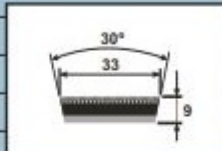
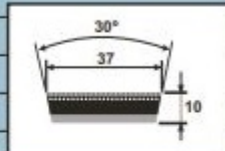
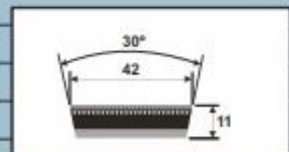
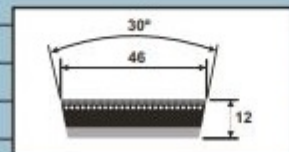
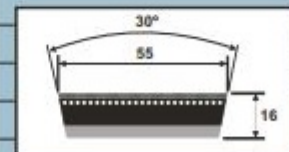
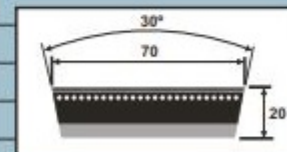
13 x 6	22 x 8	28 x 8	33 x 9	37 x 10
				
42 x 11	46 x 12	55 x 16	70 x 20	
				

Figura 24: Secciones correas normalizadas [24]

En este trabajo, uno de los factores que más condicionan a la hora de diseñar una solución es el ancho del buje. Para el proceso de diseño, se generarán dos diseños a partir de las secciones más pequeñas de correas normalizadas. Posteriormente con al correa seleccionada se evaluará la validez de ésta para los requisitos de desarrollo y potencia necesarios.

4.2. Propuestas soluciones técnicas:

4.2.1. Solución 1, Correa 13x6

A la hora de diseñar el diámetro de las poleas, el proyecto está limitado por el espacio disponible en el cuadro y en el buje de la llanta. Se puede ver sobre el siguiente esquema el ancho del núcleo y el perfil de la correa. Posteriormente se estimará la altura máxima a la que se puede desplazar la correa. Esta altura máxima calculada será la diferencia entre el diámetro primitivo mayor y el inferior. Para empezar el diseño, se ha escogido la correa 13x6.

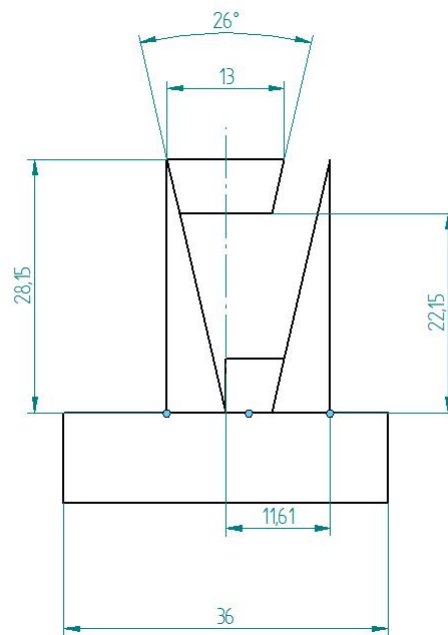


Figura 25: Esquema núcleo trasero

En el esquema superior se muestra sobre-impresionado la longitud del núcleo (36mm), sobre el rectángulo, en la parte izquierda, se puede ver la correa en su punto más alto. En este punto, se calcula la altura máxima a la que puede llegar la correa antes de que la poleas se junten en el centro. A partir del cálculo previo se obtiene la diferencia entre el diámetro interno y externo de la polea (28.15mm).

Posteriormente se procede a hacer el diseño de la biela. Las dimensiones de la caja del pedalier que sobresalen del cuadro se pueden resumir en un cilindro de 1 cm de longitud, y como base una corona circular, de diámetro exterior 44mm y diámetro interior 24mm. También se tendrá en cuenta que la superficie de contacto en el rodamiento es otra corona circular, de radio interior los 24mm previamente mencionados y de diámetro exterior 36mm.



Figura 26: Cazoleta [25]

Se procede a diseñar un tambor que rodeará la cazoleta, que servirá a las poleas de pista. Este tambor debe tener un diámetro interno mayor de 44mm y una longitud mínima de 24mm para poder albergar las dos poleas. De esta forma se obtiene el primer prototipo de biela derecha:

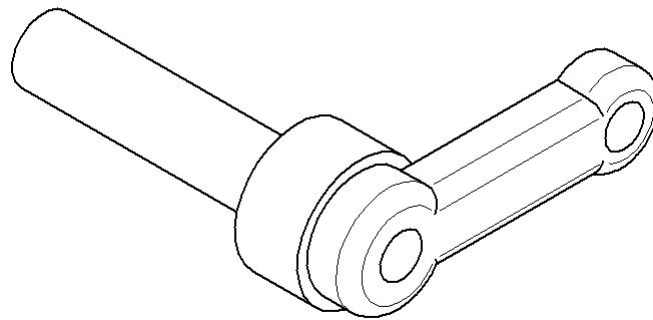


Figura 27: Prototipo Biela

Posteriormente se diseña la polea, ésta será un tronco de cono con base de corona circular. El ángulo del cono será de 206° , la altura será de 9,5mm. El diámetro interior de 54mm y el exterior de 118mm.

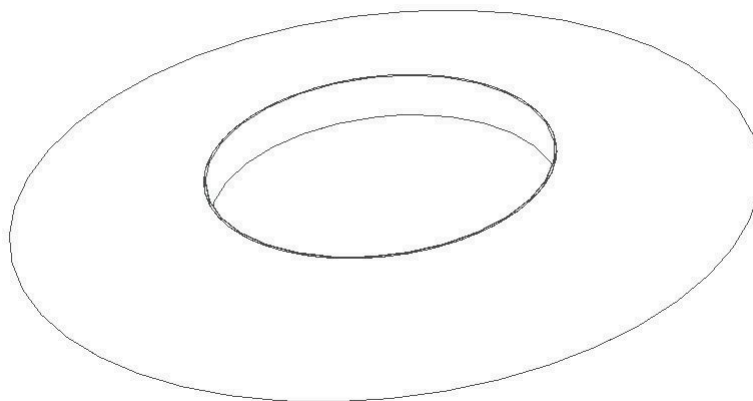


Figura 28: Diseño Biela-Tambor

A partir de las medidas previamente estudiadas se diseñan las siguientes piezas:

■ 1. Tambor Biela:

Para simplificar las operaciones de impresión, y facilitar el hacer cambios sobre la biela, se ha decidido dividir el cuerpo de ésta en dos partes, por un lado se tendrá la biela en sí, y por el otro lado un tambor que gira solidaria a ésta:

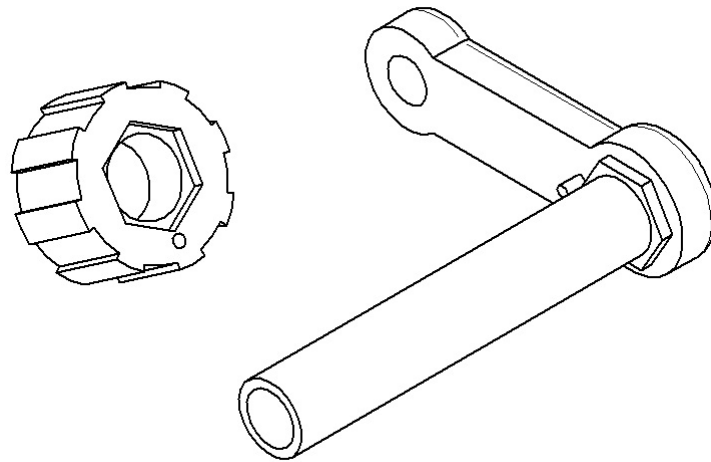


Figura 29: Diseño Biela-Tambor

El tambor tiene una longitud de 30 mm, lo que permite albergar las dos poleas. Cuenta con unas pistas por las que se deslizarán las poleas. La parte interior está diseñada par albergar la cazoleta derecha y apoyarse sobre el rodamiento de ésta.

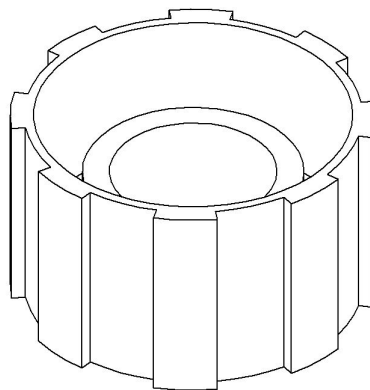


Figura 30: Diseño Tambor delantero

- 2. Tambor núcleo:

El tambor trasero también tiene una longitud de 30mm, de esta forma hay 6 mm de margen para decidir su ubicación óptima una vez impreso. En este caso se hizo el diseño para un núcleo Shimano/Sram, pero como se ha mencionado previamente, podría adaptarse para uno Campagnolo fácilmente.

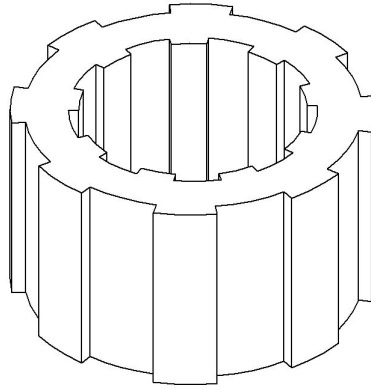


Figura 31: Diseño Tambor Trasero

- 3. Polea:

Por último se diseñan las poleas, tendrán que ser igual las de ambos ejes para así evitar fallos con la tensión de la correa. Se deja al final de ésta una pista circular, que será usada para poder desplazar las poleas sobre los tambores.

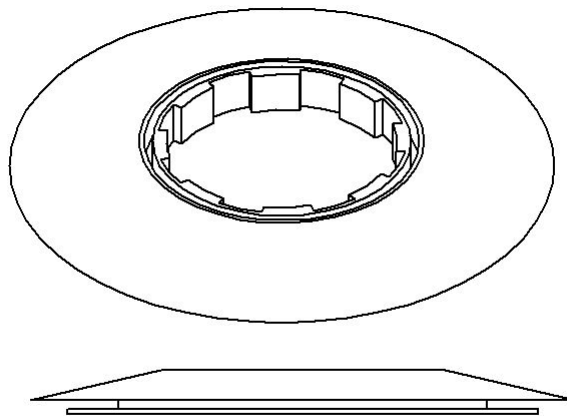


Figura 32: Diseño Poleas

Tras imprimir las principales piezas previamente descritas, se puede comprobar en el cuadro que con las medidas estudiadas hay suficiente espacio, pero surge el problema de que las poleas no podrán permitir que la correa esté alineada. Para suplir esto se pasará a la solución número 2.

4.2.2. Solución 2, Nuevo cuadro

El principal problema que hace descartar la solución 1 es que con el cuadro estudiado, no hay forma de conseguir que la correa esté alineada. Por lo general los cuadros de bicicletas guardan unas pautas básicas geométricas comunes entre diferentes constructores. Se encuentran diferencias de medidas en las cotas principales, por ejemplo éstas determinan si tenemos un cuadro con un corte escalador o de bicicleta de contrarreloj. También varían en función de la talla, pero todos se mueven dentro de unos rangos comunes.

Si por ejemplo, se toma la gama de bicicletas de Trek, se puede ver que las diferentes cotas tienen ligeras variaciones según se tenga el modelo Émonda(escalador), Madone(Aero) o Domane(Gran fondo). Asimismo, si se compara el cuadro de corte aero de Trek, con el de otra compañía, por ejemplo el Orca Aero de la firma Orbea, se hallan diferencias entre sus cotas principales, pero manteniéndose ambas dentro de un pequeño rango.

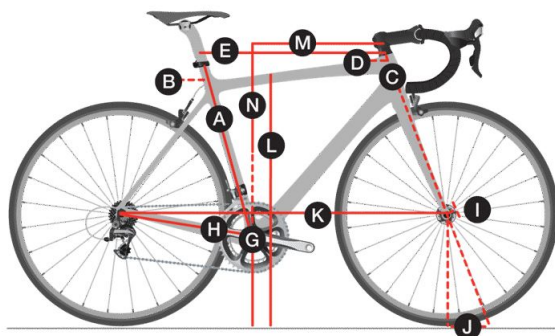


Figura 33: Cotas geometría Trek [26]

Otro punto diferenciador de los cuadros, es el perfil usado en los tubos. Por ejemplo, se puede ver en la imagen inferior, la comparación entre los tirantes traseros de un cuadro escalador(Cervelo R5) y uno aero (Orbea Orca).



Figura 34: Orbea Orca vs Cervelo R5 [27] [28]

Para el presente trabajo, se deberá centrar el estudio en los tirantes traseros, de forma que estos sean válidos para proporcionar una correcta alineación de la correa. Como se ha podido ver, el diseño de un cuadro es un tema muy complejo.

Para continuar con el diseño de la transmisión, se creará un cuadro de genérico que cumpla los requisitos de alineación de la correa y que sus medidas se encuentren dentro del rango de un cuadro de carretera. No se hará ningún estudio relativo a la integridad del cuadro, ya que esto supondría cálculos complejos que no son materia de este trabajo.

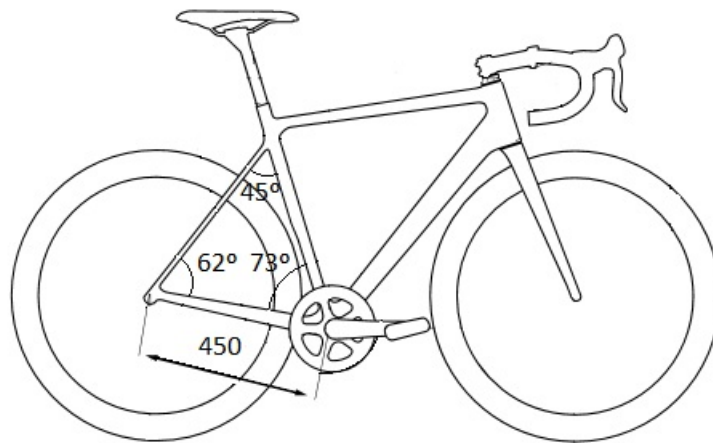


Figura 35: Geometría cuadro diseñado [29]

4.2.3. Nuevo cuadro, Correa 13x6

Para este apartado, se usará el mismo diseño visto previamente en la solución 1, el único cambio que hay que aplicar, es en lo concerniente al conjunto biela-tambor. Con el diseño del nuevo cuadro, se ha rediseñado la zona de la caja de pedalier, lo que nos permite tener suficiente espacio para que el tambor se introduzca sobre el cuadro.

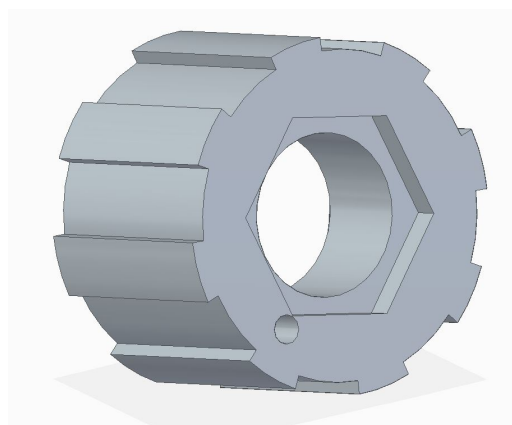


Figura 36: Tambor delantero rediseñado

4.2.4. Nuevo cuadro, Correa 22x8

Igual que con la solución previa, para esta correa, lo primero que se hará será esbozar un esquema del espacio que tienen las poleas para desplazarse lateralmente sobre las pistas del tambor.

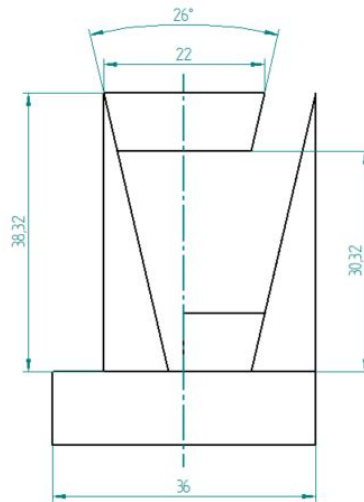


Figura 37: Esquema correa 22x8

Las correas de 13x6 y 13x8, comparten todos los elementos diseñados, a excepción de las poleas. Las principales diferencias entre éstas, es que tienen un diámetro exterior y una anchura más grande que la anterior correa.

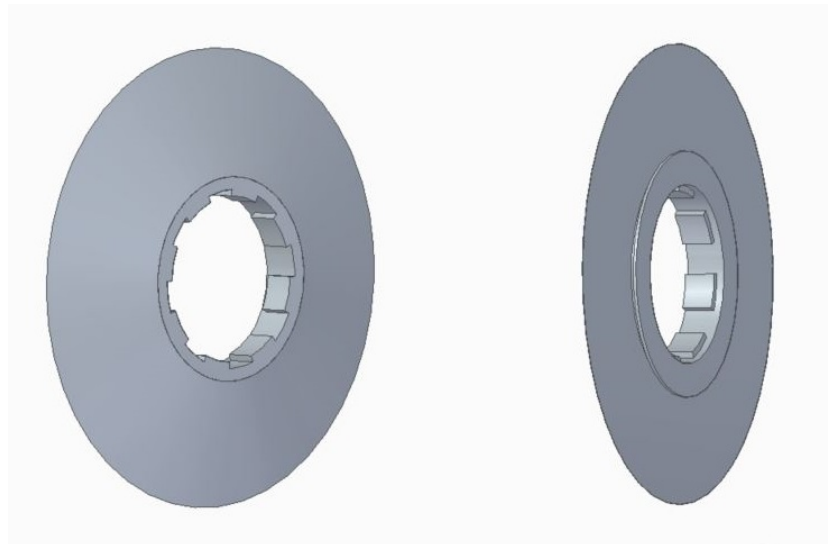


Figura 38: Esquema polea 22x8

4.2.5. Sistema de actuación

Dentro del diseño de la transmisión, hay que idear un sistema que permita unir y separar las poleas entre ellas. Este sistema debe proporcionar que la correa esté siempre sobre la línea que une el centro de los tambores, además al separarse un par de poleas deberá unir el par contrario. Si este último punto no se resuelve correctamente, no se podrá mantener la tensión en la correa, y no funcionará correctamente la transmisión.

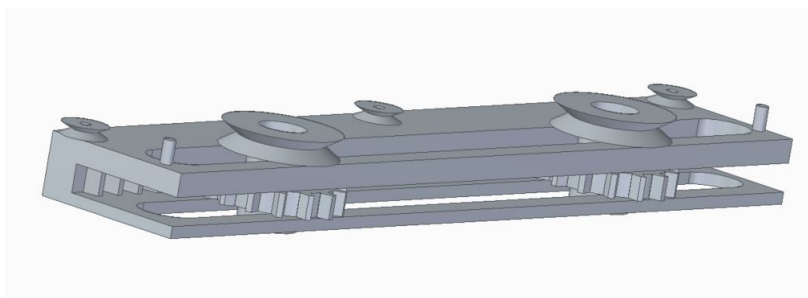


Figura 39: Sistema de actuación

Para proporcionar que la apertura sea igual en ambas partes, sea ha ideado un sistema con poleas. Las ruedas dentadas estarán unidas por un material elástico (Goma elástica/ resorte), que mantendrá las poleas unidas y centradas. Cada rueda dentada, tiene encima una polea, sobre ésta pasará un cable, que por un lado está fijo y por el otro sigue el esquema que se ve en la imagen inferior.

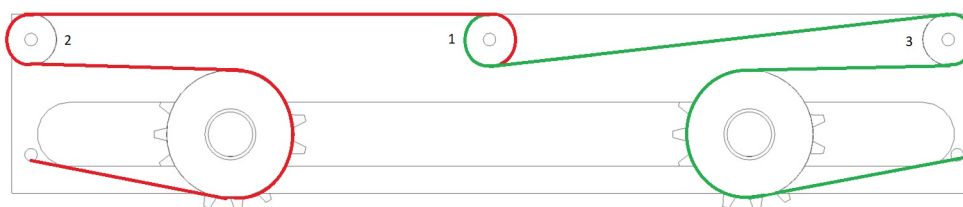


Figura 40: Esquema poleas

Cuando la polea 1 gira en sentido horario, la polea 2 girará en sentido horario, la polea 3 en sentido antihorario, por lo tanto las ruedas dentadas se separarán. Cuando la polea 1 gira en sentido antihorario, las ruedas dentadas volverán a su posición inicial(juntas).

Este sistema de actuación necesita espacio para poder funcionar, por lo tanto se usará la solución de correa 13x6. Para llevar a cabo este punto, en cada polea se hace una hendidura en la cara exterior. Sobre esta pista se posicionará un brazo, que tendrá giro relativo sobre la polea. Por el lado contrario del brazo, éste deslizará sobre el tramo dentado, lo que permitirá establecer la correcta posición del sistema.

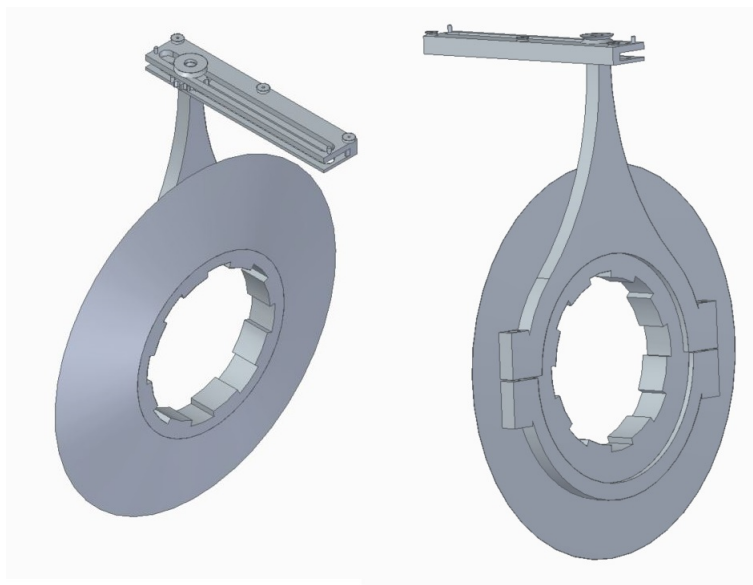


Figura 41: Conjunto transmisión

4.2.6. Longitud de correa

Para poder calcular la longitud de correa necesaria, se utiliza el programa Solid Edge. Se dibujan dos circunferencias, cada una con el valor del diámetro exterior de la correa (pequeña (73.7mm) grande(118mm)), separadas 450mm (longitud entre centro del buje y del eje del pedalier).

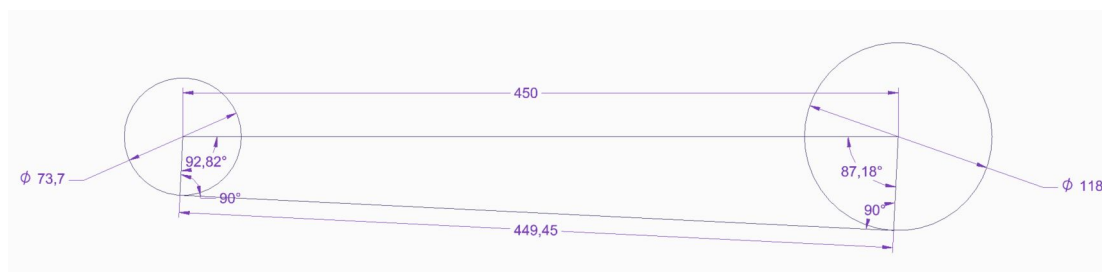


Figura 42: Longitud correa

Se traza una recta tangente a ambas circunferencias, y posteriormente sumando dos tramos de recta tangente, y dos secciones circulares, una de cada circunferencia, se calcula la longitud de la correa. La Longitud total es de 1197.8mm, por lo tanto se escogerá la correa de 1200mm de longitud. Al diseñar el cuadro, se optó por usar unas punteras que permitiesen el correcto tensado de la correa.

SECCION	13x6	22x8	28x8	33x9	37x10	42x11	46x12	55x16	70x20
a=Ancho	13	22	28	33	37	42	46	55	70
b=altura	6	8	8	9	10	11	12	16	20
β=ángulo	26	26	26	30	30	30	30	30	30

13 X 6	22 X 8	28 X 8	33 X 9	37 X 10	42 X 11	46 X 12	55 X 16	70 X 20
Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.
425	500	500	600	600	850	850	1250	1320
450	525	525	625	625	900	900	1320	1400
1180	1320	1320	1800	1800				
1200	1400	1400	1900	2000				
1250	1500	1500	2000	2120				
1320	1600	1600		2240				
1400	1700	1700						

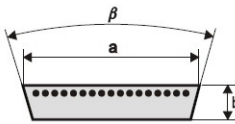


Figura 43: Longitudes disponibles [24]

4.2.7. Tensión inicial de la correa

En este apartado se calculará la tensión de la correa, para ello se tomarán del apartado 4.1.2 los datos de potencia (480w) y de velocidad angular(120rpm). Posteriormente se calculara el par generado (Mt):

- Velocidad angular:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi 120}{60} = 4\pi \quad (3)$$

- Par:

$$Mt = \frac{P}{\omega} = \frac{480}{4\pi} = 33,2Nm \quad (4)$$

- Tensión ramal fuerte:

$$T_1 = \frac{Mt}{r} = \frac{33,2}{0,03685} = 900,95N \quad (5)$$

- Ecuación de Euler[37]:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\alpha\mu} = e^{3,24rad \cdot 0,3} = 34,47 \quad (6)$$

Siendo $\alpha = 185,64 = 3.24$ rad y μ se puede aproximar a 0.3, siendo la correa de caucho y el material de la polea aluminio.

- Tensión ramal débil:

$$T_2 = \frac{T_1}{34,47} = 26,13N \quad (7)$$

- Ecuación de Poncelet[37]:

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{900,95 + 26,13}{2} = 463,54N \quad (8)$$

5. Resultados y evaluación

Después de la etapa de diseño, se debe estudiar la validez de las soluciones y comparar estas. El primer punto importante que se debe comprobar, es el desarrollo obtenido.

5.1. Desarrollo obtenido

Uno de los requisitos más importantes que se ha estudiado en este trabajo es el desarrollo capaz de mover en la bicicleta. Como se vio en el apartado 3.2.1, será necesario conseguir una relación de transmisión máxima de 4.545 y una mínima de 1.259. En la tabla inferior se plasman los resultados para ambas correas.

Correas	Relación mínima(Desarr.)	Relación máxima(Desarr.)	Rango
13x6	0.736 (30x42)	1.36 (30x22)	0.624
22x6	0.67 (30x44)	1.49 (30x20)	0.82
Convencional	1.259 (34x27)	4.545 (50x11)	3.286

Tabla 2: Comparación desarrollos

Como se puede comprobar con los datos de la tabla superior, la diferencia entre usar una correa u otra es muy pequeña. Con la correa mayor, se puede conseguir un rango mas amplio, pero son valores muy cercanos.

Si se compara los resultados obtenidos con la transmisión por correa, con los del sistema convencional de cadena, se puede observar una diferencia muy grande. El sistema convencional por cadena, tiene un rango mas elevado, por lo tanto se podrá elegir un mayor numero de relaciones intermedias. Además el valor de relación de transmisión máxima en el caso de los grupos actuales es considerablemente mayor que en el sistema por correa. Esto quiere decir que sí se pone la configuración más larga en ambos sistemas, a misma cadencia, avanzaremos mucho más con el sistema convencional. Una vuelta de las bielas sería 4.5 vueltas (1620 grados), en la rueda trasera, mientras que mediante el sistema ideado con correas, la rueda trasera giraría 1.26 vueltas (453.6grados) .

Para asemejarlo a lo que se puede ver en la industria de ciclismo, se tendría el mismo desarrollo que en una bicicleta de montaña, con una transmisión monoplato de 11v (por ejemplo cassette con piñones 10-12-14-17-19-22-24-28-32-36-42) y un plato de 30 dientes, pero donde sólo se usen los 6 más grandes. Otro punto de comparación con el mundo ciclista, es que en los desarrollos compact, aparte del plato de 34 dientes, muchos ciclistas prefieren usar la configuración de platos 52/36. Esto significa, que si se usa un cassette 11-27, la relación mínima que obtendríamos sería 1.33. Esta relación es prácticamente la misma que se obtiene con el sistema CVT, pero en este caso como relación máxima.

5.2. Peso requerido

Hay dos principales componentes que se usan en los grupos de bicicleta, aluminio y fibra de carbono. Para llevar a cabo este apartado, consideraremos que se empleará aluminio. Obtendremos los pesos en Aluminio 6061-T6, como se mecanizaría mediante un proceso de CNC, no hay que realizar ningún cambio respecto a los diseños.

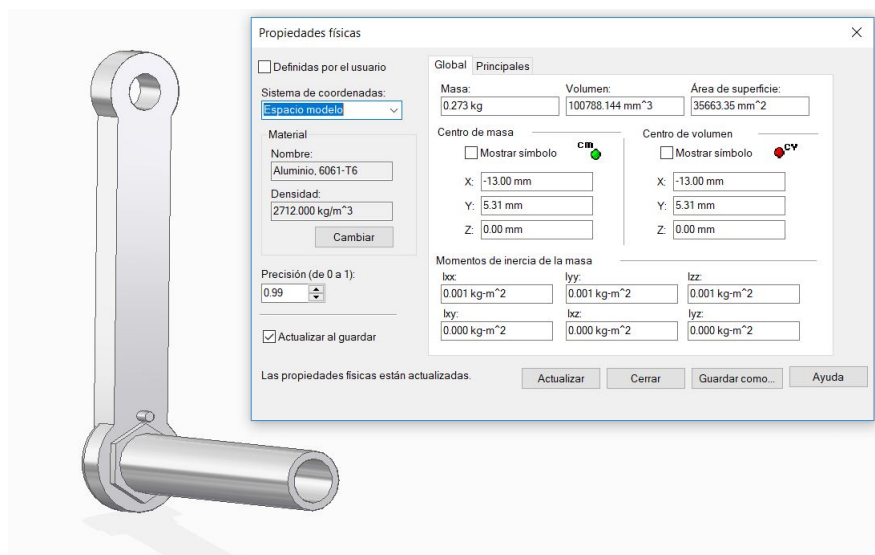


Figura 44: Adjudicación material

Para hallar el peso, simplemente se adjudica el material en el programa Solid Edge, y este calcula el peso de la pieza. Algunas piezas se usarán más que una unidad, por ejemplo las poleas, por lo tanto luego se multiplicará el peso unitario por el número necesario de piezas.

	Bielas	Tamb. Del	Tamb. Trs	Poleas	Brazo	Soporte	Piñon	Total
Peso unit.	0.47	0.068	0.103	0.092	0.031	0.007	0.001	
Peso Total	0.47	0.068	0.103	0.368	0.124	0.014	0.004	1.151

Tabla 3: Peso conjunto

Al peso calculado, habría que añadir el correspondiente a los pulsadores, frenos y batería para el sistema. Para tener una aproximación se toma como referencia el sistema ultegra Di2(295g la pareja). Éstas manetas sólo están compuestas por la parte dedicada al freno, y dos pulsadores, lo que sería muy representativo de las manetas necesarias para este proyecto. También se tomarán los frenos Ultegra (183g delantero; 180 trasero) y la batería ultegra Di2 (90g). Con estos componentes, se obtiene un peso total de 1899g, notablemente por debajo del target de 2200g.

5.3. Coeficiente de tracción

Por último se calculará la capacidad de tracción [37] del conjunto. Para ello se comparará el coeficiente de tracción teórico con el coeficiente de tracción real.

- Se trabaja en estado de sobrecarga, cuando el coeficiente de tracción real supera al teórico. En estas condiciones la correa funciona inestablemente y sufre un desgaste acelerado.
- Cuando los dos coeficientes coinciden se trabaja de forma óptima.
- Si el coeficiente de tracción teórico supera al real, el conjunto estará trabajando de forma infrutilizada. La correa es capaz de transmitir mas potencia.
- Coeficiente de tracción φ :

$$\varphi = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2} = \frac{900,95 - 26,13}{900,95 + 26,13} = 0,943629 \quad (9)$$

- Coeficiente de tracción teórico φ_0 :

$$\varphi_0 = \frac{m - 1}{m + 1} = \frac{34,47 - 1}{34,47 + 1} = 0,943614 \quad (10)$$

- Ecuación de Euler [37]:

$$m = e^{\alpha\mu} = e^{3,24rad0,3} = 34,47 \quad (11)$$

Como se puede ver, el coeficiente de tracción real y el teórico son prácticamente idénticos. Por lo tanto el sistema trabaja de forma óptima, con un poco de sobrecarga.

6. Presupuesto y planificación del trabajo

En este apartado se hará un estudio sobre la viabilidad económica del proyecto. Se tendrán en cuenta tanto los aspectos materiales, como los recursos humanos necesarios para llevar a cabo el trabajo. Posteriormente se incluye la organización del trabajo.

La mayoría de los componentes del proyecto, se fabricarán mediante la mecanización de aluminio utilizando maquinas de CNC. Siendo éste el gasto principal, también habría que añadir componentes eléctricos para el sistema de actuación, y la correa.

6.1. Presupuesto

6.1.1. Presupuesto de componentes

- **Partida de fabricación:** Para la elaboración del presupuesto se ha aproximado [38] los datos de tiempo y coste del centro de mecanizado, taladrado vertical y operaciones manuales. A continuación se incluye una tabla con los costes finales, que se podrán ver desglosados en el anexo I.

	Bielas	Tamb. Del	Tamb. Trs	Poleas	Brazo	Soporte	Piñon	Total
Precio unit.	455	355	355	295	127.5	192.5	72.5	
Precio Total	455	355	355	1180	510	192.5	435	3675€

Tabla 4: Partida de fabricación

- A continuación se incluye en el presupuesto el conjunto de piezas auxiliares que conforman la transmisión.

Componente	Precio unitario (€)	Unidades	Precio total (€)
Partida de fabricación	3675	1	3675
Correa [39]	36.70	1	36.70
Juego de manetas Shimano Ultegra DI2 R8 11X2V [40]	254.27	1	254.27
Batería Shimano Interna Grupos DI2 E-tube [41]	115	1	115
Mini motores eléctricos Yeeco 130 [42]	1	2	2
Total componentes	-	-	4082.97

Tabla 5: Conjunto Piezas y elementos auxiliares

6.1.2. Presupuesto general

Por último se incluye una tabla donde se estudiarán todos los gastos relacionados con el proyecto.

Concepto	Cantidad	Precio €/h	Coste total (€)
Componentes	-	-	4082.97
Licencia Solid Edge Premium	6 meses	329€/mes	2154
Horas ingeniería	200h	50 €/h	10000
Horas delinencantes	50h	30€/h	1500
Documentación	110h	25€/h	2750
Montaje	60h	30€/h	1800
Subtotal	-	-	22286.97
10 % imprevistos	-	-	2228.7
Subtotal			24515.67
21 % Impuestos	-	-	5148.29
Total	-	-	29663.96

Tabla 6: Presupuestos globales

6.2. Planificación del trabajo

Para hacer un estudio del recorrido a seguir por el proyecto, se organizarán las principales tareas en un diagrama de Gantt.

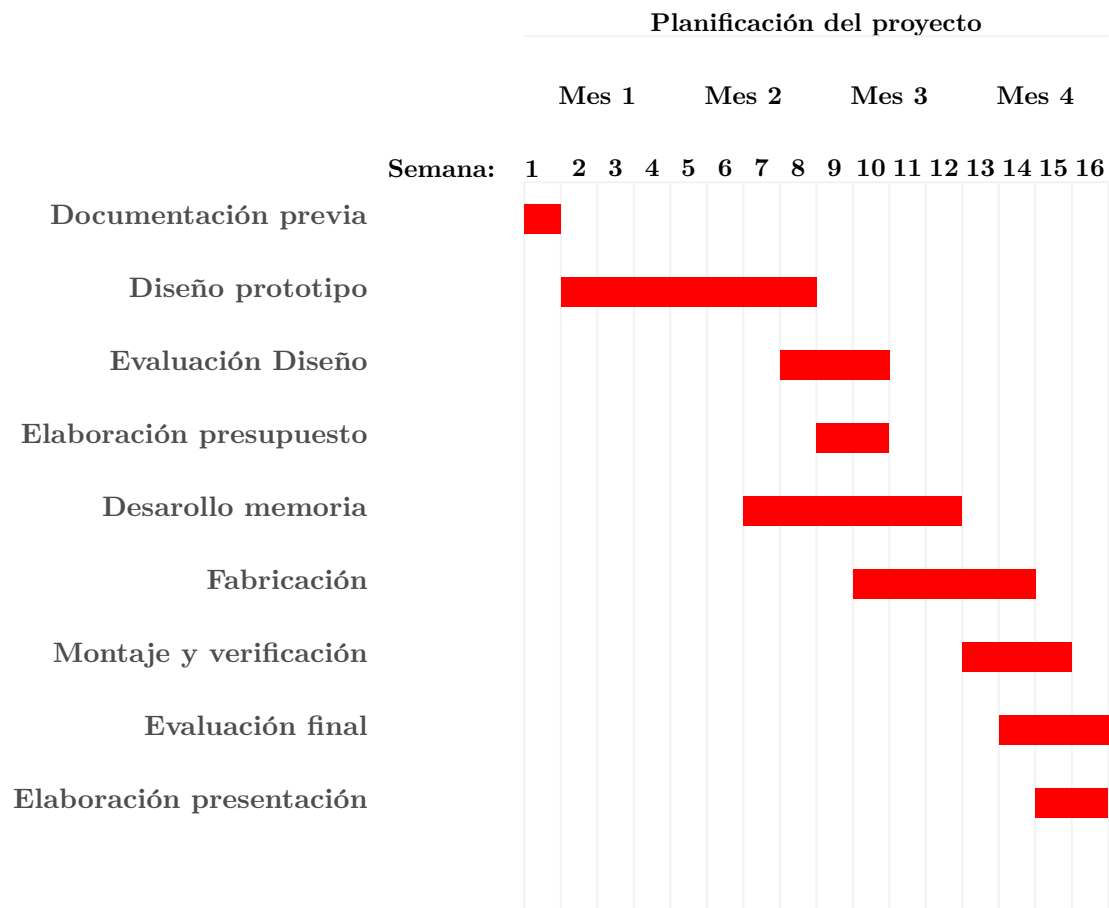


Figura 45: Diagrama de Gantt

7. Estudio Socio-Económico

La industria del ciclismo, como se ha estudiado en apartados anteriores, está formada por tres principales fabricantes de grupos(Shimano, Campagnolo y Sram). Cada vez que uno de ellos saca una nueva innovación al mercado, los otros dos intentan replicarlo lo antes posible. Ejemplos de esto se puede ver en la historia reciente, por ejemplo con el auge de los grupos electrónicos o la inclusión de discos de freno en carretera. Si la propuesta de usar una transmisión CVT en bicicletas tuviese beneficios claros en la industria del ciclismo y se sacase al mercado, enseguida estas tres marcas tendrían que empezar a estudiarlo para incluirlo en su catálogo.

Un factor al que hay que prestar especial atención cuando se incorporan este tipo de cambios, es que en general, los que practican ciclismo a nivel popular, son reacios a incorporar las nuevas innovaciones. Un ejemplo de esto, lo podemos ver en el caso de las bicis de 29". Cuando hace unos años, los fabricantes de bicicletas decidieron sacar al mercado las bicis de 29", solo los que la usaban la bicicleta para competir decidieron cambiar en ese momento. El público en general fue escéptico y tardó más en adquirirlas. Como había tal disparidad de opiniones, se sacaron al mercado las bicicletas con ruedas de 27.5", que estaban a medio camino entre las de 26" y las de 29". Si una innovación como el cambio CVT se lanzara al mercado, se puede esperar que tarde en arraigar entre los ciclistas.

La industria del ciclismo, es un mundo aislado y que guarda poca relación con la mayoría de la sociedad en general. Aunque en los últimos años está sufriendo un crecimiento positivo, aún es poco el porcentaje de personas que tienen el ciclismo como hobby principal. Una innovación en el mundo del ciclismo se reduce a tener repercusión entre los adeptos al deporte, para el resto de la sociedad pasaría prácticamente desapercibida.

Un punto que sí se vería afectado, es que al introducirse nuevos grupos en la industria, las bicicletas actuales quedarían desfasadas, lo que permitiría a más gente poder adquirirlas y entrar en el mundo del ciclismo. Un ejemplo de esto, se puede ver en la actual situación de las bicis de montaña de 26". Al centrarse el mercado en las de 29", hay una gran oferta de bicis de calidad de 26" disponibles en el mercado, a buen precio, y perfectas para iniciarse.

8. Conclusiones

Durante el desarrollo del presente estudio se han podido extraer numerosas conclusiones que se desglosaran en el presente capítulo. La idea principal del trabajo ha sido poder aportar una alternativa viable a los sistemas actuales de transmisión de potencia en una bicicleta.

El apartado más importante que debe cumplir el conjunto de transmisión de una bicicleta es el desarrollo. Se puede hacer un sistema que funcione de forma óptima, pero que si no permite al ciclista superar los puertos necesarios, y poder rodar a la velocidad deseada en llano, no se puede considerar que es un sistema de transmisión funcional. Como se ha podido comprobar en el apartado 5.1, el modelo diseñado no satisface este punto. El rango que se obtiene de relaciones de transmisión es mínimo si lo comparamos con un sistema convencional. Los valores mínimos y máximos de relación se alejan mucho de valores reales de una bicicleta de carretera.

El siguiente punto que se debe abordar es el peso del conjunto. Como se vio en el apartado 5.2, para el trabajo se estableció un peso de 2200g. Con el modelo terminado y usando componentes del grupo ultegra Di2, se consigue dejar el peso del conjunto en 1900g. Esta cifra no sólo cumple el objetivo, sino que está al mismo nivel de peso que los grupos tope de gama.

La característica que limita este proyecto es el espacio disponible en el buje trasero. Con las dimensiones de las correas normalizadas que se fabrican para variadores, no es posible crear un sistema con el desarrollo necesario. En futuros trabajos se podría concebir un sistema similar, pero utilizando correas de secciones no normalizadas. De esta forma el espacio se podría aprovechar mejor. Otro punto que se puede estudiar, de cara a incluir un sistema CVT en una bicicleta, es incluirlo dentro del buje.

Referencias

- [1] Automachi, “Thing you should not do in a cvt transmission,” *Automachi*, 18/4/2018. [En Línea]. Disponible en: <http://http://www.automachi.com/2016/08/5-thing-you-should-not-do-in-cvt-transmission/loc-5-thing-you-should-not-do-in-cvt-transmission-04/>.
- [2] Q. G. Approach, “How to gear-up the golf swing to increase power, speed, and performance!,” *The QATSPY*, 11/03/2016. [En Línea]. Disponible en: <http://espygolfapp.com/blog/how-to-gear-up-the-golf-swing-to-increase-power-speed-and-performance/>.
- [3] E. E. D. EMEB, “Los bujes traseros con transmisión integrada,” *Escuela emeb*, 12/02/2016. [En Línea]. Disponible en: <https://www.emeb.es/bujes-con-transmission-integrada/>.
- [4] S. Bikes, “Por qué dejar el cambio y el desviador sin tensión,” *Suraventura Bikes*, 17/11/2015. [En Línea]. Disponible en: <https://www.suraventurabikes.es/por-que-dejar-el-cambio-y-el-desviador-sin-tension/>.
- [5] G. MARCHENA, “Pros y contras del cambio electrónico ¿es sólo cuestión de precio?,” *Triatletas en Red*, 11/11/2015. [En Línea]. Disponible en: <http://triatletasenred.sport.es/uncategorized/pros-y-contras-del-cambio-electronico/>.
- [6] J. V. Gisbert, “Prueba de larga duración: Sram red etap,” *Ciclismo a fondo*, 05/10/2017. [En Línea]. Disponible en: <https://www.ciclismoafondo.es/material/pruebas-material-ciclismo/articulo/prueba-larga-duracion-10000-kilometros-sram-red-etap-grupo-electronico-inalambrico>.
- [7] J. M. Ros, “Wavetrans: ¿el sistema de transmisión del futuro?,” *arueda.com*, 16/01/2016. [En Línea]. Disponible en: <https://www.arueda.com/wavetrans-sistema-de-transmission-del-futuro/>.
- [8] M. Lasak, “Scooter cvt gearbox,” *Autodesk*, 31/3/2016. [En Línea]. Disponible en: <https://gallery.autodesk.com/fusion360/projects/scooter-cvt-gearbox>.
- [9] T. Bike, “Rendimiento probado. zipp 60,” *Team Bike*, 11/04/2013. [En Línea]. Disponible en: <http://www.teambike.es/noticias/rendimiento-probado-zipp-60.html>.
- [10] S. Fixie, “Buje quando trasero blanco,” *Santa Fixie*, 08/05/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.santafixie.com/buje-quando-trasero-blanco.html>.
- [11] nosinmibici, “Conversión a piñón único (single speed) y a piñón fijo (fixie),” *No Sin Mi Bici cicloturismo, viajes y ciclismo urbano*, 21/06/2013. [En Línea]. Disponible en: <https://nosinmibici.com/2013/06/21/conversion-a-pinon-unico-single-speed-y-a-pinon-fijo-fixie/>.

- [12] Massi, “Massi nucleo compat shim 11v ruedas xcomp/xpro,” *Amazon*, 14/08/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/Massi-Nucleo-Compat-Ruedas-Xcomp/dp/B01CEQTKZI>.
- [13] C. Lorca, “Nucleo buje mavic hg11/b9 shimano,” *Campos Lorca*, 14/08/2018. [En Línea]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenomecanico-1/material-clase/ocw-https://www.camposlorca.com/nucleo-buje-mavic-hg11b9-shimano-p-3743.html>.
- [14] Bikeinn, “Sram spare parts nucleo xd roam 30/40-rise xx-buje x0,” *bikeinn*, 14/08/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.bikeinn.com/ciclismo/sram-spare-parts-nucleo-xd-roam-30-40-rise-xx-buje-x0/136336018/p>.
- [15] Mountainbike, “Eje de pedalier ¿rosca o presión?,” *BIKE*, 17/10/2017. [En Línea]. Disponible en: <https://www.mountainbike.es/bici-facil/repara-y-ajusta/articulo/eje-pedalier-rosca-presion>.
- [16] nosinmibici, “Tipos de pedalier de bicicleta,” *No Sin Mi Bici ciclismo, viajes y ciclismo urbano*, 15/06/2016. [En Línea]. Disponible en: <https://nosinmibici.com/2016/06/15/tipos-de-pedalier-de-bicicleta/>.
- [17] S. Fixie, “Caja pedalier ch55 bsa 111mm,” *Santa Fixie*, 10/05/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.santafixie.com/eje-pedalier-ch55-111.html>.
- [18] Campagnolo, “Ultra-torque™,” *Campagnolo*, 10/05/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.campagnolo.com/WW/es/Tecnolog>.
- [19] J. Iriberri, “Biomecánica: Distancia entre zapatillas, a vueltas con el factor q,” *Ciclismo a fondo*, 22/01/2015. [En Línea]. Disponible en: <https://www.ciclismoafondo.es/preparacion-fisica/biomecanica-ciclismo/articulo/biomecanica-distancia-zapatillas-ciclismo-factor-Q>.
- [20] Isabella, “Dolor cresta ilíaca: causas, remedios caseros y ejercicios,” *SaludAIO*, 14/02/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://saludaio.com/dolor-cresta-iliaca/>.
- [21] T. y Repuestos, “Fallas y consejos de la correa de repartición (distribución),” *Talleres y Repuestos*, 12/05/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/mantenimiento-del-motor/124-fallas-y-concejos-de-la-correa-de-reparticion-correa-de-distribucion>.
- [22] H. R. Alonso, “Transmisión por correas - 2,” *sitio Web de OCW - UC3M*, 26/09/2011. [En Línea]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenomecanico-1/material-clase/ocw-correas1>.
- [23] J. P. Vázquez, “Dime tu potencia y te diré si harás podio,” *Planeta Triatlón*, 12/05/2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.planetatriatlón.com/dime-potencia-te-dire-haras-podio/>.

- [24] J. Transmisiones, “Correas para variador de velocidad,” *Jocar Transmisiones*, 21/07/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.jocartransmisiones.com/PDF's/08-Correas>
- [25] M. Bicycles, “Bottom brackets and parts,” *Moruya Bicycles*, 28/07/2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.moruyabicycles.com.au/contents/en-uk/d95.html>.
- [26] Trek, “Madone slr 9 disc etap,” *Trek*, 10/08/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.trekbikes.com/es/esES/bicicletas/bicicletas-de-carretera/rendimiento-en-carretera/madone/madone-slr/madone-slr-9-disc-etap/p/25358/?colorCode=redwhite>.
- [27] cancellaraman, “Ganga! cuadro cervelo r5 2018 (t56) 7 meses uso,” *Foromtb*, 12/06/2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.foromtb.com/threads/ganga-cuadro-cervelo-r5-2018-t56-7-meses-uso.1444291/>.
- [28] B. Manson, “2011 orbea orca gold frame,” *forums transitions*, 12/01/2012. [En Línea]. Disponible en: <http://forums.transitions.org.au/topic/53425-2011-orbea-orca-gold-frame/>.
- [29] C. Mazón, “Diseño de cuadros (geometrías),” *Biziosona*, 05/02/2016. [En Línea]. Disponible en: <http://www.biziosona.com/2016/02/05/disen-de-cuadros-geometrias/>.
- [30] marcsergeant, “Grupos (carretera) 2014 recopilacion,comparativa y valoracion,” *Foro de Ciclismo*, 03/01/2014. [En Línea]. Disponible en: <https://forodeciclismo.mforos.com/47057/11240803-grupos-carretera-2014-recopilacion-comparativa-y-valoracion/>.
- [31] J. M. Ros, “Pesos y precios oficiales del nuevo shimano dura-ace 2017,” *arueda.com*, 13/02/2017. [En Línea]. Disponible en: <https://www.arueda.com/pesos-y-precios-oficiales-del-nuevo-shimano-dura-ace-2017/>.
- [32] T. M. Bike, “El factor q en el ciclismo. ¿qué es y para qué sirve?,” *Todo Mountain Bike*, 17/07/2013. [En Línea]. Disponible en: <https://www.todomountainbike.net/art/el-factor-q-en-el-ciclismo-que-es-y-para-que-sirve>.
- [33] Shimano, “Sora fc-r3030-cg,” *Shimano*, 10/09/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://bike.shimano.com/es-ES/product/component/sora-r3000/FC-R3030-CG.html>.
- [34] Shimano, “Ultegra juego de bielas hollowtech ii (2 x 11 velocidades),” *Shimano*, 10/09/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://bike.shimano.com/es-ES/product/component/ultegra-r8000/FC-R8000.html>.
- [35] Shimano, “Dura ace fc-7710,” *Shimano*, 10/09/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://bike.shimano.com/es-ES/product/component/duraacetrack-7710/FC-7710.html>.

- [36] *Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 8:Métodos de ensayo para los pedales y el sistema de transmisión*, UNE-EN ISO 4210-8 - 2015.
- [37] H. R. Alonso, “Transmisión por correas - i,” *sitio Web de OCW - UC3M*, 26/09/2011. [En Línea]. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material-clase/ocw-correas2>.
- [38] J. R. Corredor, “Diseño de un molde de inyección de plásticos,” Proyecto fin de carrera, Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, Cataluña, España, 2011 [En Línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11042>.
- [39] Dinamica, “Correa industrial de caucho, listado de precios,” *DINAMICA Distribuciones*, 15/9/2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.dinamica.net/repositori/documents/productes/de/caucho13.pdf>.
- [40] Mammoth, “Manetas ultegra di2 r8 11x2v,” *Mammoth*, 15/9/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.mammothbikes.com/es/p/transmision/mandos-cambio/carretera-electronico/disco-mecanico-zapata/shimano-palancas-shim-ultegra-di2-r8-11x2-pinza>.
- [41] Mammoth, “Shimano batería interna grupos di2 e-tube,” *Mammoth*, 15/9/2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.mammothbikes.com/es/p/shimano-bateria-shim-intern-grupos-di2-etube-rec>.
- [42] Yeeco, “Yeeco 130 corriente continua motor mini eléctrico motor,” *amazon*, 15/9/2018. [En Línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/Yeeco-Corriente-ElC3A9ctrico-Maquinaria-Ventilador/dp/B072KZT3X1/ref=sr_11?ie=UTF8qid=1537392882sr=8-1keywords=motores+electricos+pequeC3B1os.

9. Anexos

- Anexo I: Partida de Fabricación.
- Anexo II: Extracto documento correas disponibles.
- Anexo III: Plano Biela derecha.
- Anexo IV: Plano Biela Izquierda.
- Anexo V: Plano Polea.
- Anexo VI: Plano tambor delantero.
- Anexo VII: Plano tambor trasero.
- Anexo VIII: Plano soporte sistema de actuación.
- Anexo IX: Plano brazo sistema actuación.
- Anexo X: Plano piñon.

Componente	Coste Material (€)	Tiempo mecanizado(h)	Coste Mecanizado(€)	Taladro vertical(h)	Coste taladro (€)	operaciones manuales(h)	Coste operaciones manuales (€)	Coste unitario	Número de piezas	Coste total (€)
Biela Der.	15	4	220	1	25	0,5	12,5	257,5	1	257,5
Biela Izq.	10	3	165	0,8	20	0,5	12,5	197,5	1	197,5
Tamb. Del	8	6	330	0,5	12,5	0,5	12,5	355	1	355
Tamb. Tras	8	6	330	0,5	12,5	0,5	12,5	355	1	355
Polea	1	5	275	0,3	7,5	0,5	12,5	295	4	1180
Brazo	3	2	110	0,2	5	0,5	12,5	127,5	4	510
Soporte	10	3	165	0,6	15	0,5	12,5	192,5	2	385
Piñon	1	1	55	0,2	5	0,5	12,5	72,5	6	435
									Precio total	3675

Operación	Tarifa(€/h)
TarifaCNC	55
Tarifa taladro vertical	25
Tarifa operario	25

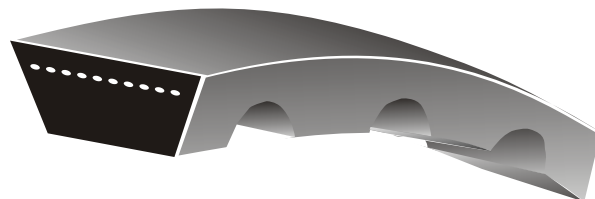
CORREAS PARA VARIADOR DE VELOCIDAD

SEGUN NORMAS BS-3780, ISO-4181, DIN-7753, DIN-2215

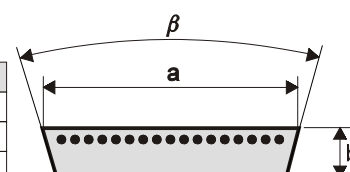
Las correas variadoras están fabricadas en caucho y cable sintético de alta resistencia que elimina el alargamiento y permite soportar posibles sobrecargas.

Características:

- Gran rigidez transversal, sección constante
- Excepcional flexibilidad longitudinal
- Resistencia al aceite y al calor
- Excelente adherencia
- Construcción equilibrada



SECCION	13x6	22x8	28x8	33x9	37x10	42x11	46x12	55x16	70x20
a=Ancho	13	22	28	33	37	42	46	55	70
b=altura	6	8	8	9	10	11	12	16	20
β =angulo	26	26	26	30	30	30	30	30	30



13 X 6	22 X 8	28 X 8	33 X 9	37 X 10	42 X 11	46 X 12	55 X 16	70 X 20
Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.	Li.
425	500	500	600	600	850	850	1250	1320
450	525	525	625	625	900	900	1320	1400
475	550	550	650	650	950	950	1400	1500
500	575	575	675	675	1000	1000	1500	1600
525	600	600	725	700	1060	1060	1600	1700
550	625	625	750	725	1120	1120	1700	1800
575	650	650	775	750	1180	1180	1800	1900
600	675	675	800	775	1200	1200	1900	2000
625	700	700	850	800	1250	1250	2000	2120
650	725	725	900	850	1320	1320	2120	2240
675	750	750	950	900	1400	1400	2240	2360
700	775	775	1000	950	1500	1500		2500
725	800	800	1060	1000	1600	1600		
750	850	850	1120	1060	1700	1700		
775	900	900	1180	1120	1800	1800		
800	950	950	1200	1180	1900	1900		
850	1000	1000	1250	1250	2000	2000		
900	1060	1060	1320	1320	2120	2120		
950	1120	1120	1400	1400	2240	2240		
1000	1180	1180	1500	1500	2360			
1060	1200	1200	1600	1600	2500			
1120	1250	1250	1700	1700				
1180	1320	1320	1800	1800				
1200	1400	1400	1900	2000				
1250	1500	1500	2000	2120				
1320	1600	1600		2240				
1400	1700	1700						
1500	1800	1800						
		1900						
		2000						
		2120						
		2240						



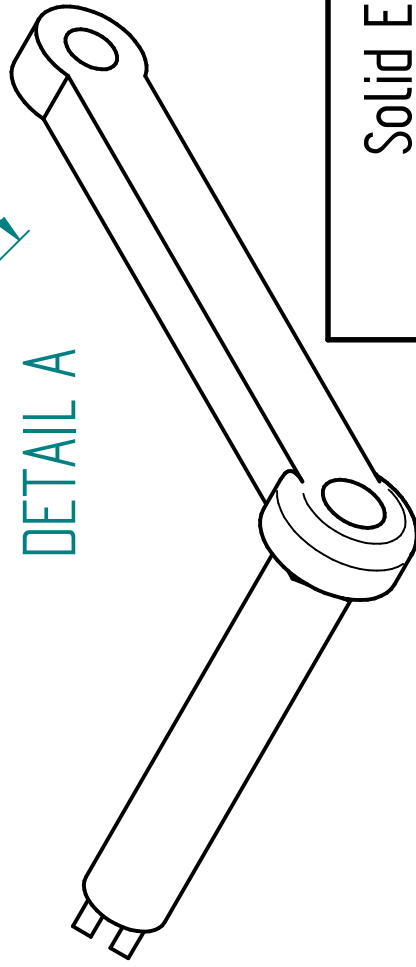
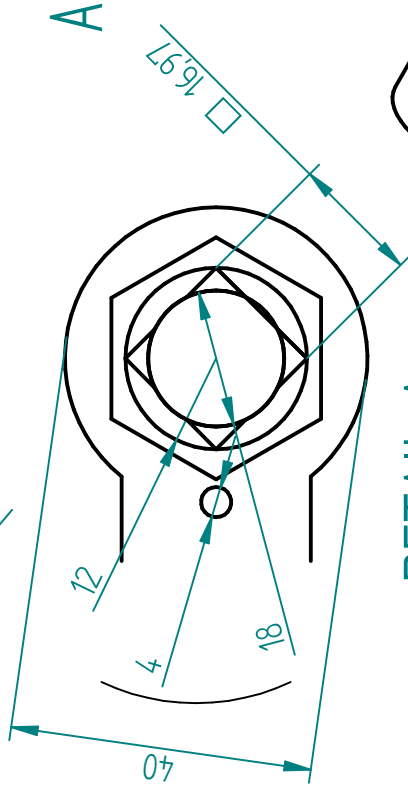
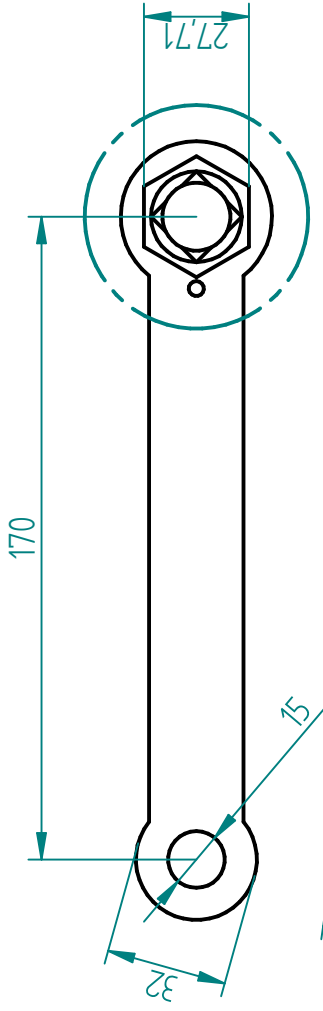
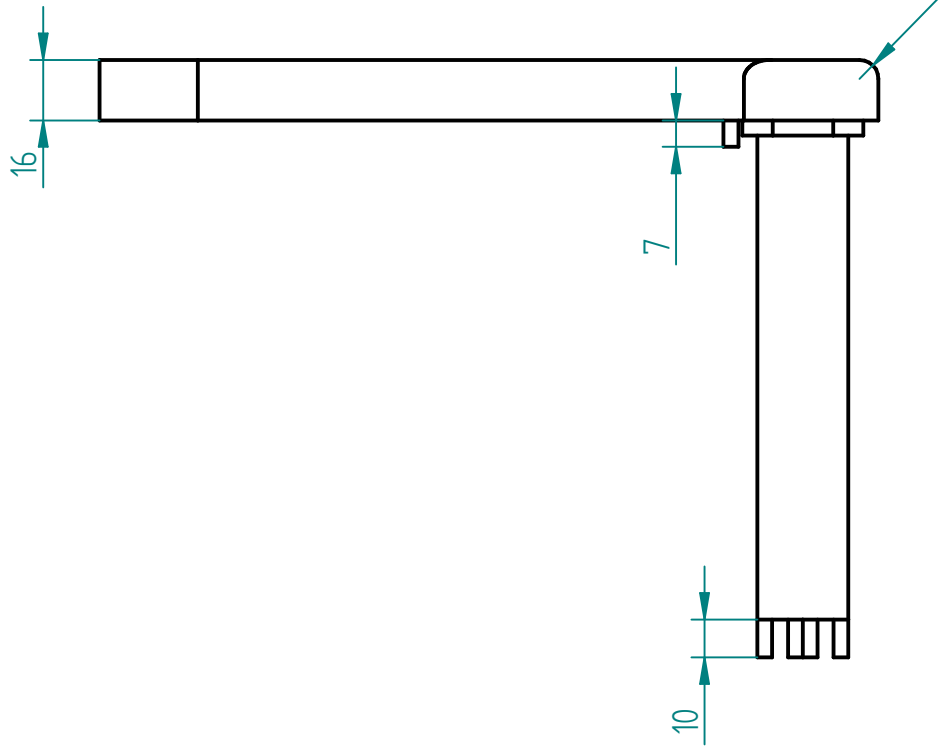
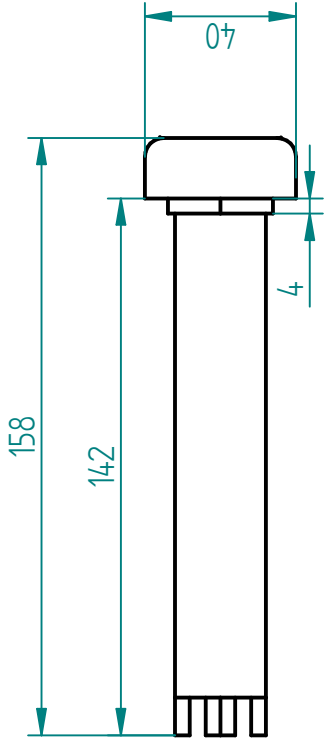
JOCAR TRANSMISIONES S.L.

c/Lezeaga, 4 48002 Bilbao

Tlf 94 427 53 40 Fax 94 427 54 93

www.jocartransmisiones.com

e-mail: jocar@jocartransmisiones.com



DETAIL A

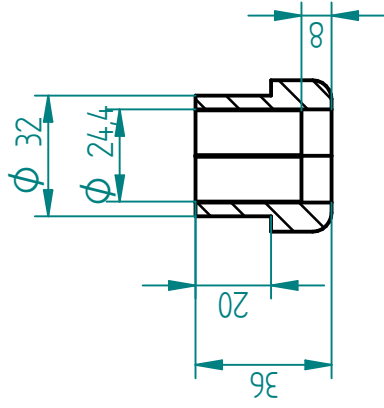
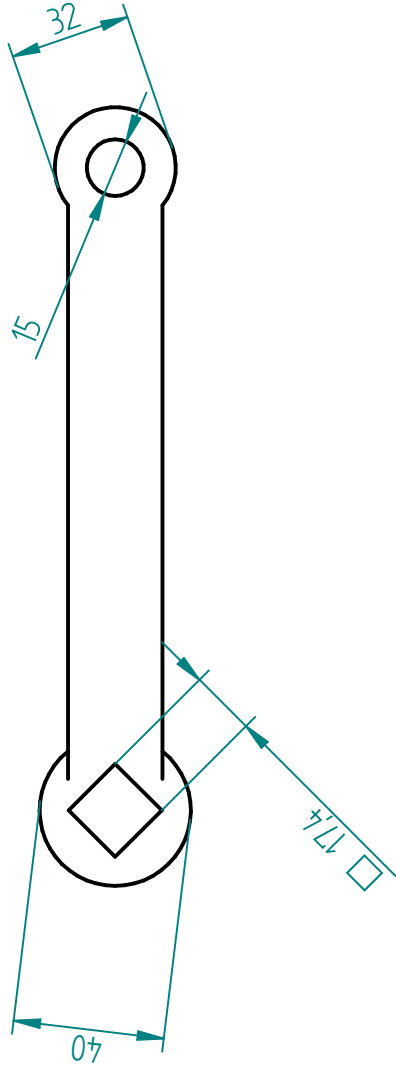
Solid Edge

TITLE Biela derecha

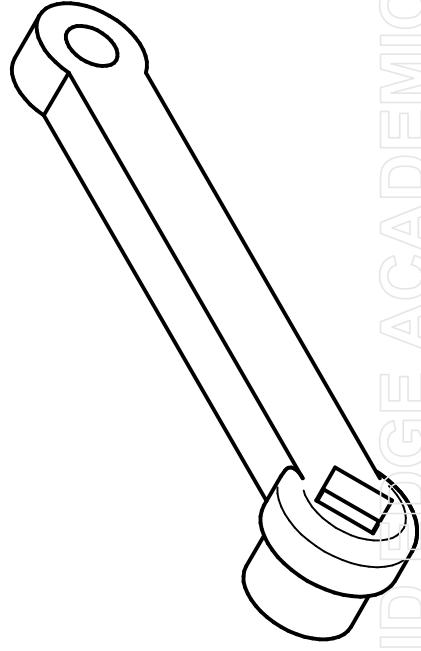
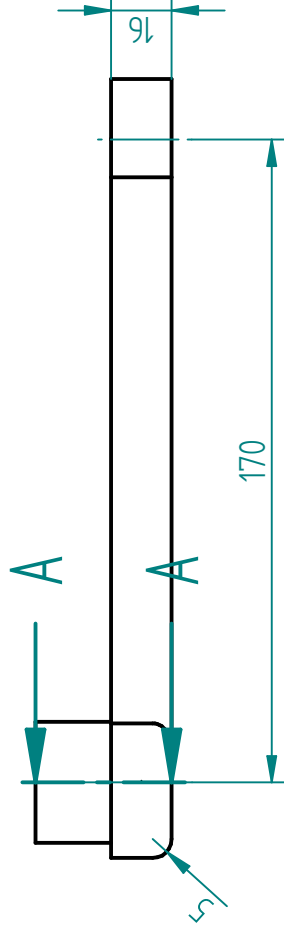
SIZE	DWG NO	REV
A4		

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SCALE: 1 : 2 WEIGHT:



SECTION A-A



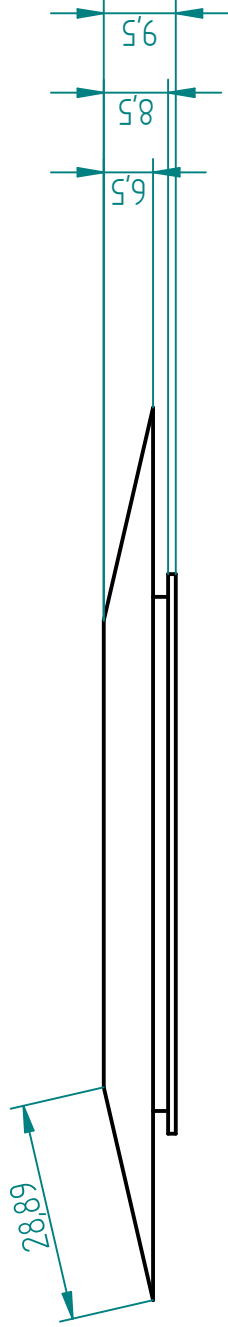
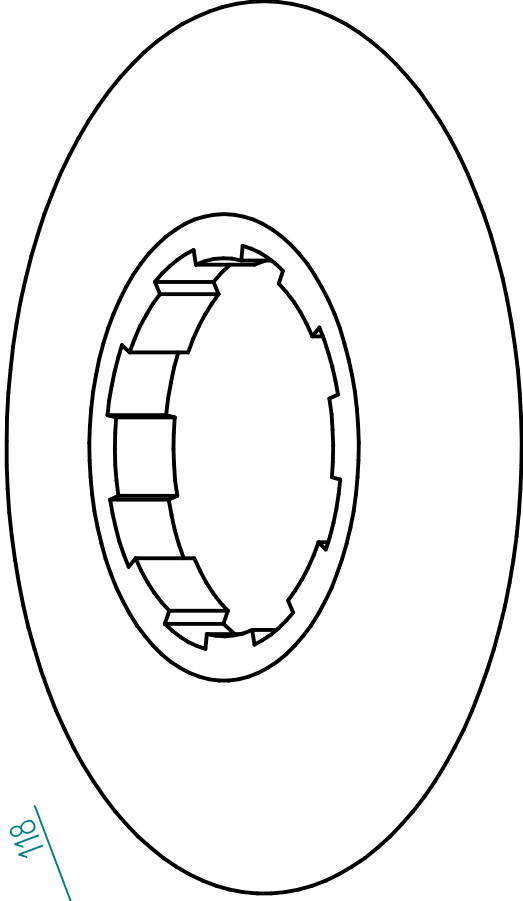
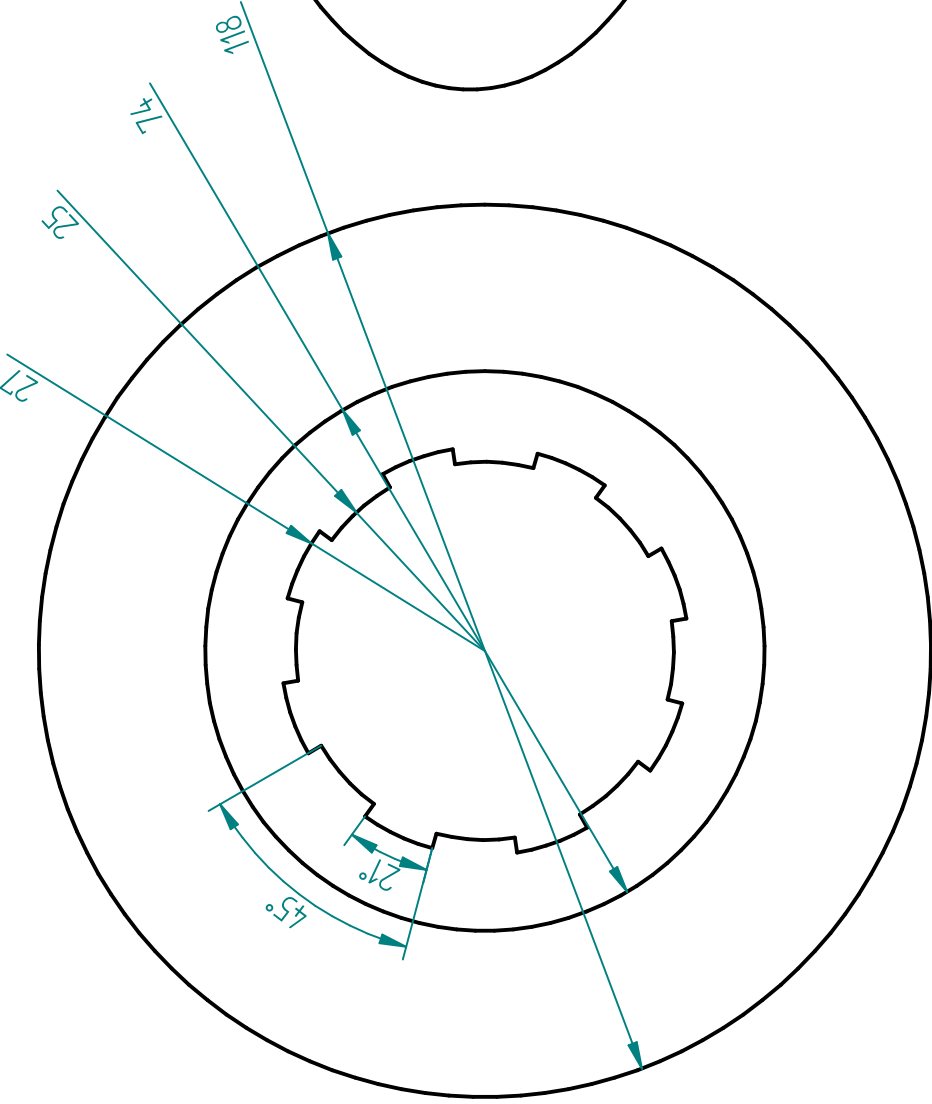
Solid Edge

TITLE Biela izquierda

SIZE DWG NO A4 REV

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

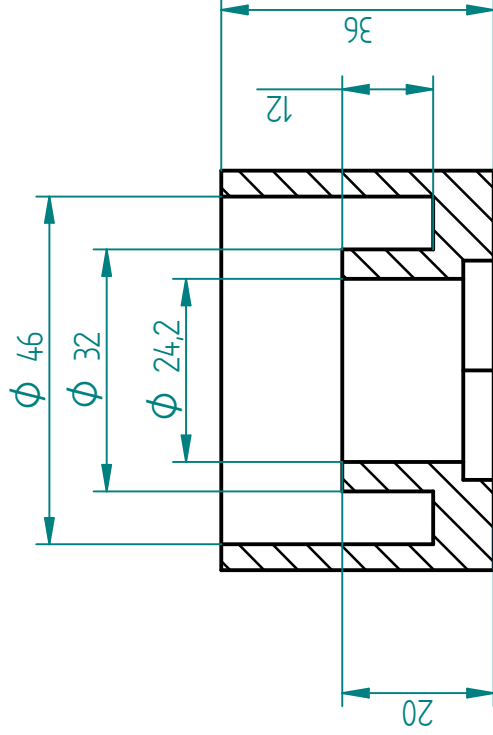
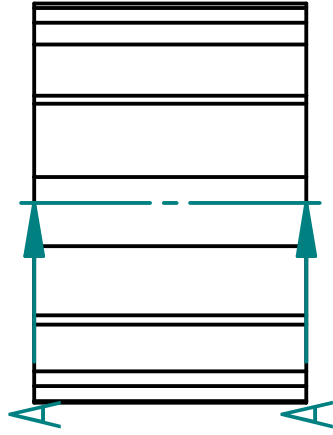
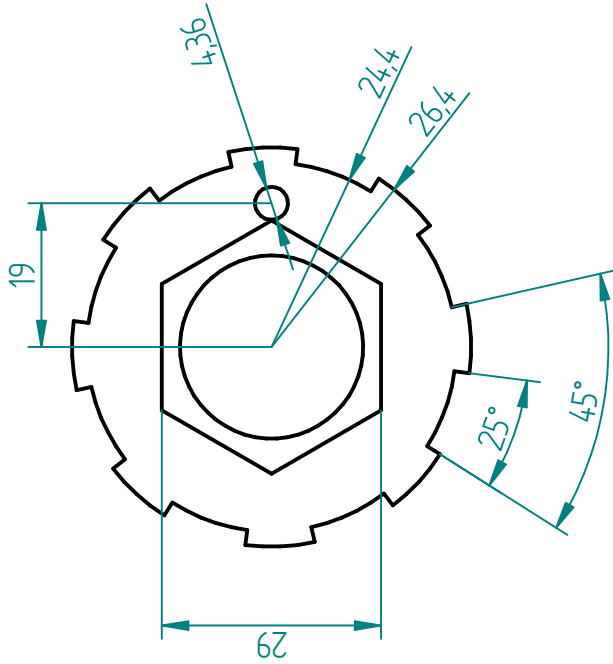
SCALE: 1 : 2 WEIGHT:



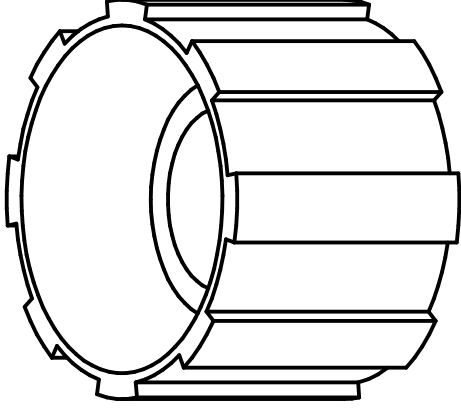
Solid Edge	
TITLE	Polea
SIZE	DWG NO
A4	
REV	
SCALE: 1 : 1	
WEIGHT:	

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SECTION A-A



Solid Edge

TITLE

Tambor delantero

SIZE

A4

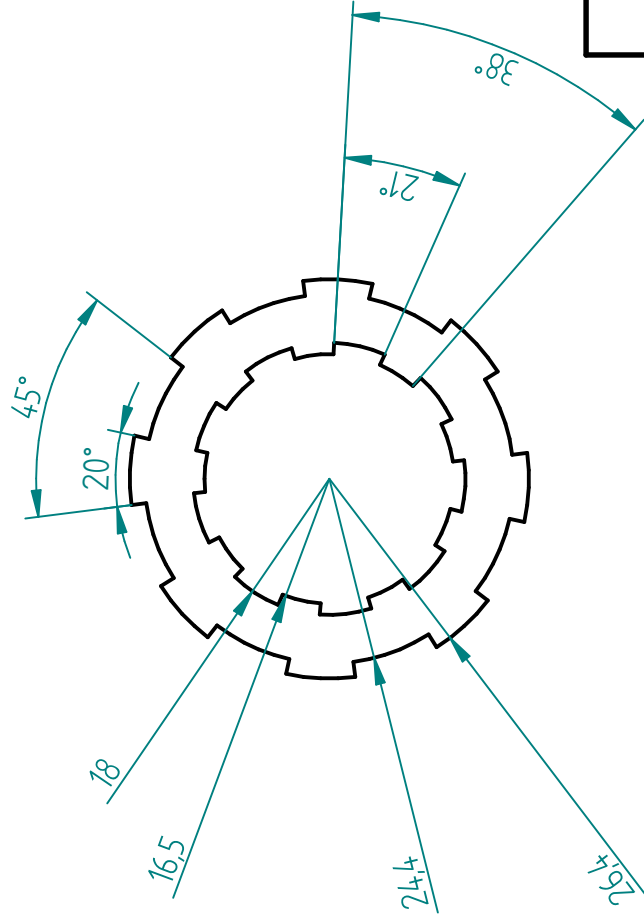
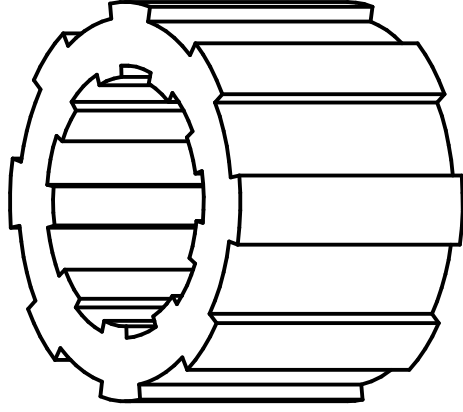
DWG NO

REV

SCALE: 1 : 1

WEIGHT:

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS



Solid Edge

TITLE

Tambor trasero

SIZE
A4

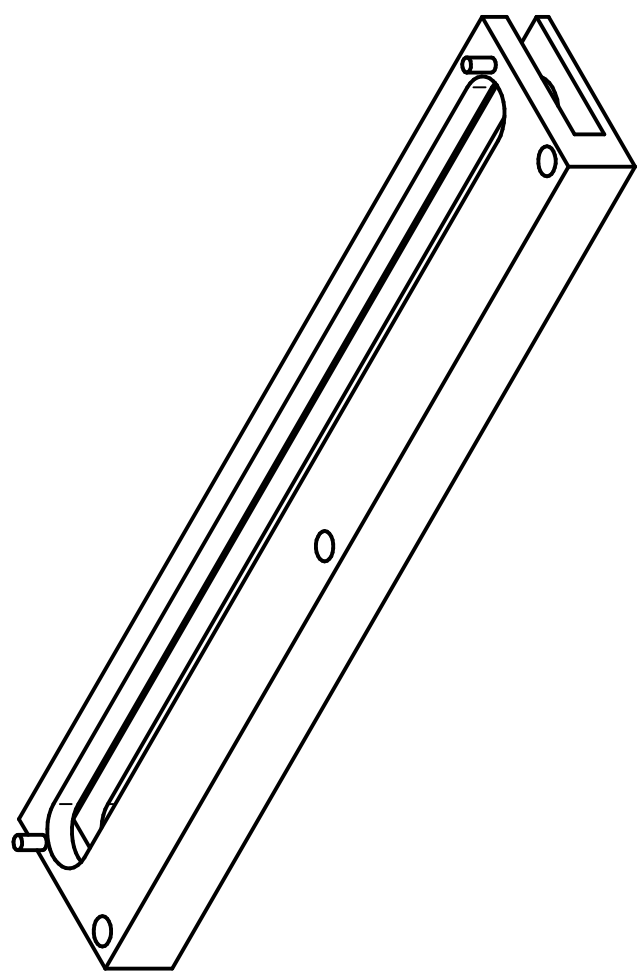
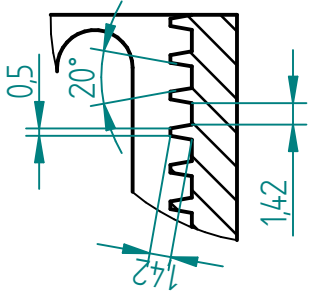
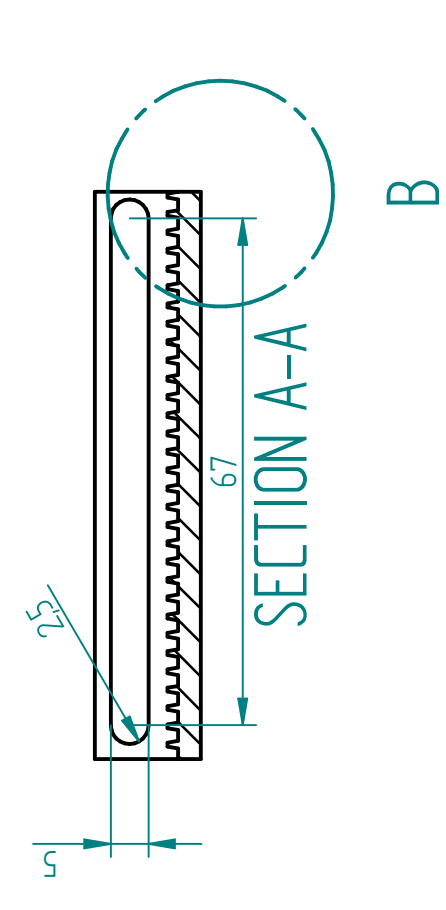
DWG NO

REV

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

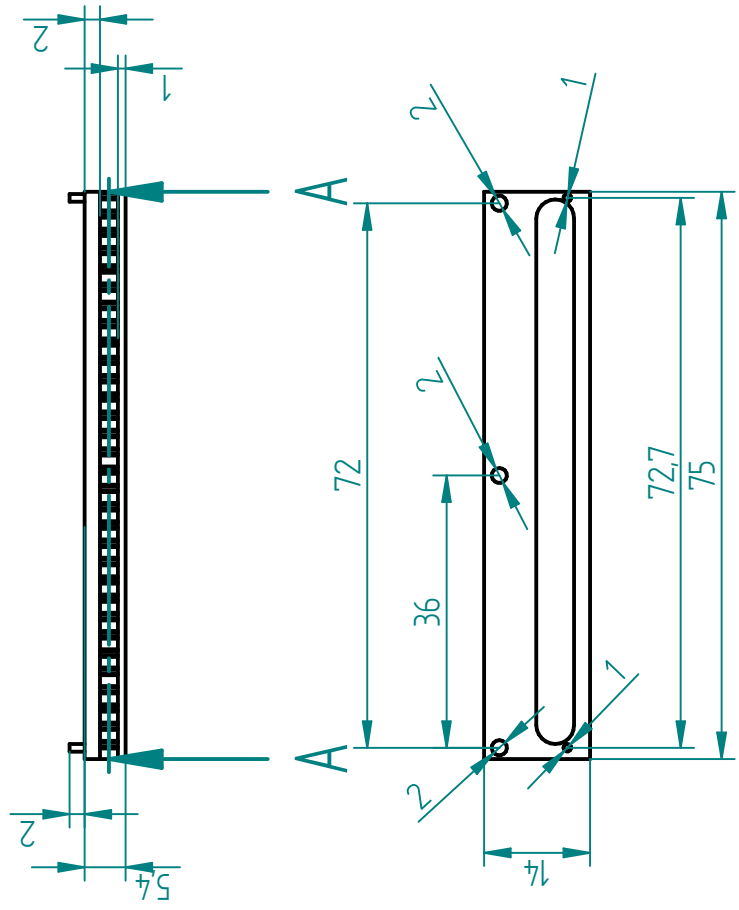
SCALE: 1 : 1

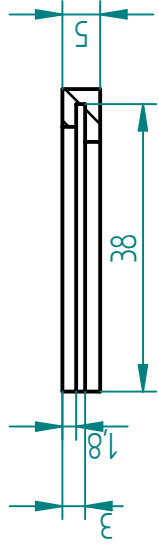
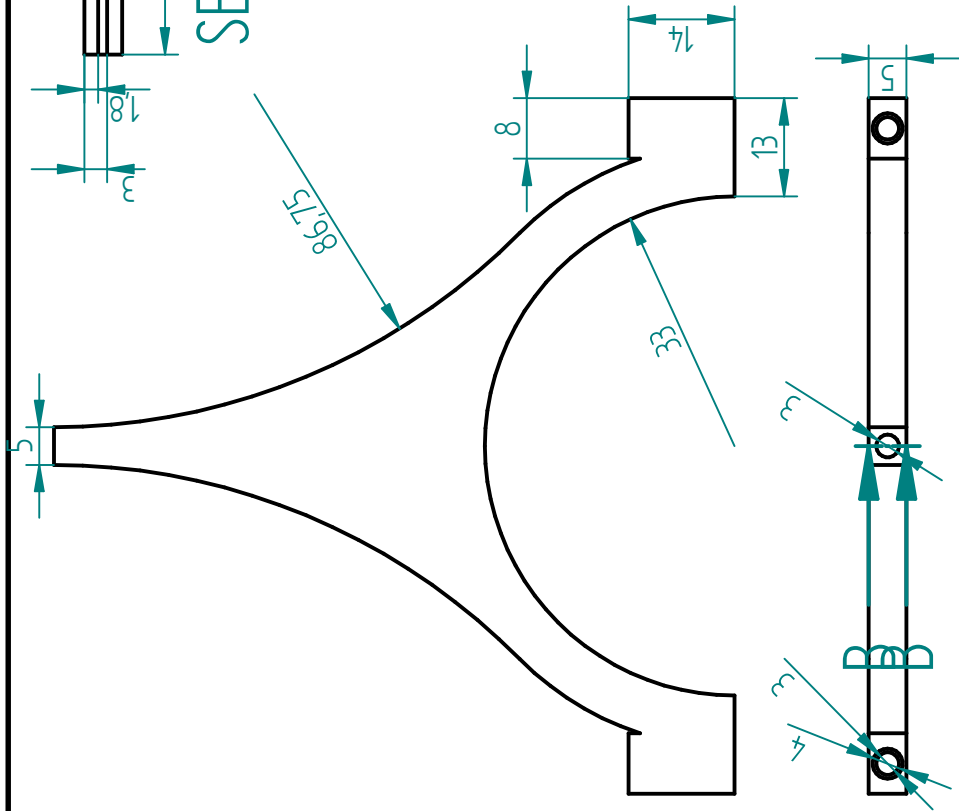
WEIGHT:



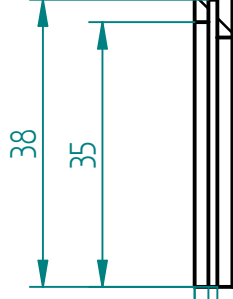
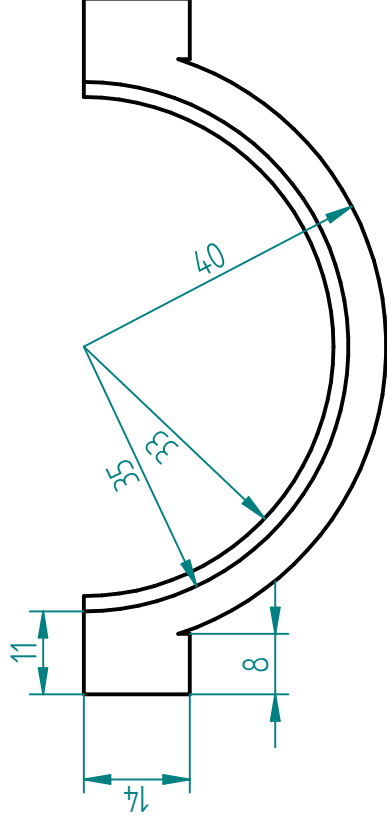
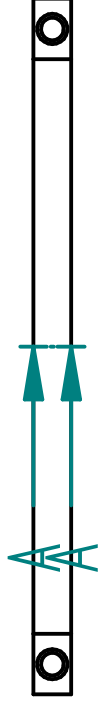
Solid Edge	
TITLE	Soporte
SIZE	DWG NO
A4	
REV	
SCALE: 1 : 1	WEIGHT:

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

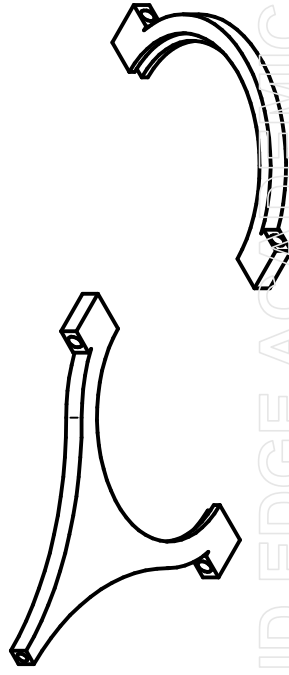




SECTION A-A

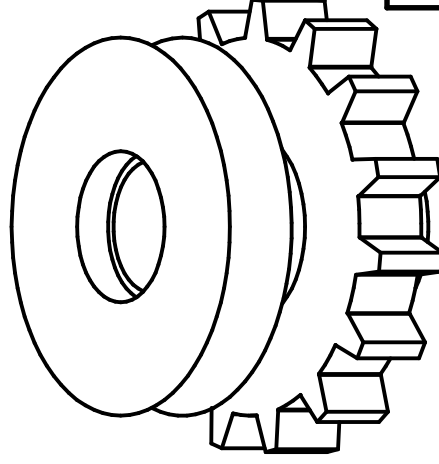
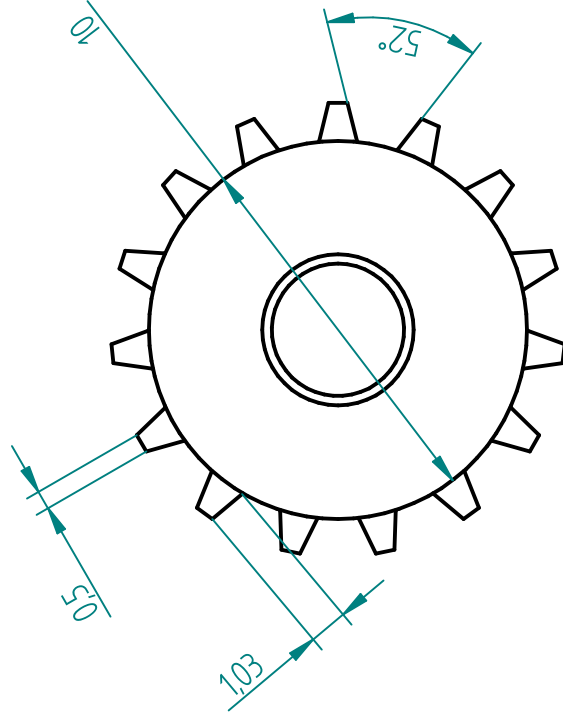
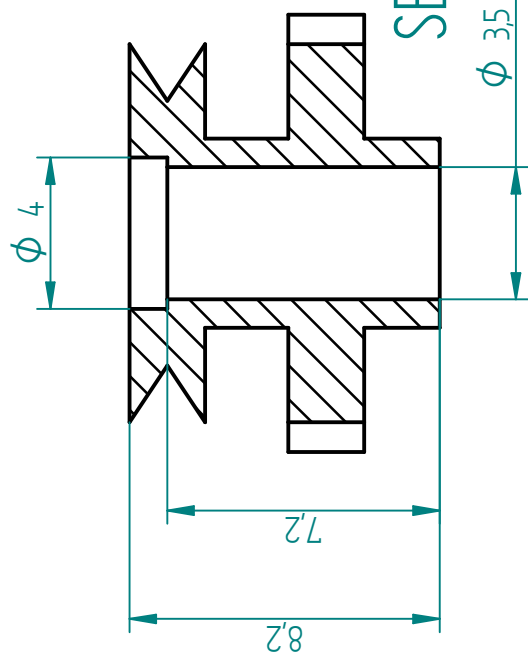
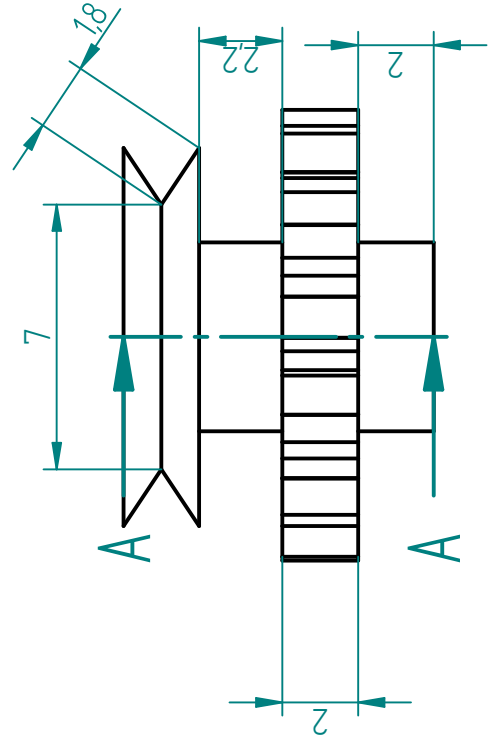


SECTION B-B



Solid Edge	
TITLE	Brazo
SIZE	DWG NO
A4	REV
SCALE: 1 : 1	
WEIGHT:	

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS



Solid Edge			
TITLE		Piñon	
SIZE	DWG NO	REV	
A4			
SCALE: 5 : 1		WEIGHT:	